

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-329252

(43)Date of publication of application : 13.12.1996

(51)Int.Cl.

G06T 9/20  
G06T 5/20  
H04N 1/409

(21)Application number : 07-134418

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 31.05.1995

(72)Inventor : TOTSUKA TAKUSHI  
MITSUNAGA TOMOO  
YOKOYAMA MIGAKU

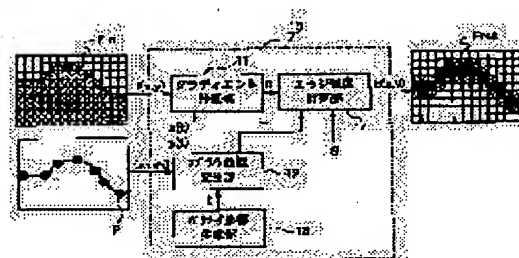
## (54) METHOD AND DEVICE FOR DETECTING EDGE

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To improve the precision of edge detection by calculating the edge intensity to detect the picture element group, where the picture element value is steeply changed in comparison with peripheral picture element values, as an edge.

**CONSTITUTION:** A gradient calculation part 11 to which an input picture  $F_{in}$  is supplied, a spline curve generation part 12 to which an outline  $P$  of contours is supplied, a parameter coordinate generation part 13 which generates a parameter ( $t$ ) to the spline, curve generation part 12, and an edge intensity calculation part 14 which calculates an edge intensity  $E$  in accordance with the output from the gradient calculation part 11 and that from the spline curve generation part 12 are provided.

The edge direction of each position in input picture data consisting of variable density data is estimated. The gradient in each position is obtained. The edge intensity calculation part 14 takes information of the estimated edge direction as auxiliary information and calculates the edge intensity  $E$  in accordance with this auxiliary information and the gradient, and the picture element group where the picture element value is steeply changed in comparison with peripheral picture element values is detected as an edge.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

31.05.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The edge-detection method which is the edge-detection method of detecting as an edge the pixel group to which a pixel value is changing steeply compared with the perimeter out of the input image data which consists of shade data, and asks for the gradient in each location, and the information on the direction of an edge which presumed makes into auxiliary information, and is characterized by to compute edge reinforcement from the above-mentioned auxiliary information and the above-mentioned gradient, and to detect an edge while presuming the direction of each location in input image data of an edge.

[Claim 2] An edge detection method according to claim 1 characterized by computing edge reinforcement in quest of cosine of an angle which the direction of an edge which carried out [ above-mentioned ] presumption, and the above-mentioned gradient make.

[Claim 3] It has the characteristic S which determines directivity as an angle theta, and a proportionality constant C and magnitude G of the above-mentioned gradient which the above-mentioned gradient makes, and is E about edge reinforcement  $E = C |G| \cos S(\theta)$  [ the direction of an edge which carried out / above-mentioned / presumption, and ]

An edge detection method according to claim 1 characterized by computing by the becoming operation.

[Claim 4] An edge detection method according to claim 1 characterized by asking as an inner product of the direction of an edge which carried out [ above-mentioned ] presumption, the direction of an edge which is the vector which normalized beforehand cosine of an angle which the above-mentioned gradient makes, and which carried out [ above-mentioned ] presumption, and the above-mentioned gradient which normalized length to "1."

[Claim 5] An edge detection method according to claim 1 characterized by computing edge reinforcement from the above-mentioned auxiliary information and the above-mentioned gradient using an information table of edge reinforcement computed beforehand.

[Claim 6] Edge detection equipment which detects as an edge a pixel group from which a pixel value is changing steeply compared with the perimeter out of input image data which consists of shade data characterized by providing the following A presumed means which presumes the direction of an edge of each location in input image data, and makes information on the presumed direction auxiliary information A gradient calculation means to ask for a gradient of each location in input image data An edge on-the-strength calculation means to compute edge reinforcement from a gradient obtained with

auxiliary information and the above-mentioned gradient calculation means which were acquired with the above-mentioned presumed means A detection means to detect an edge from edge reinforcement obtained with the above-mentioned edge on-the-strength calculation means

[Claim 7] The above-mentioned edge on-the-strength calculation means is edge detection equipment according to claim 6 characterized by computing edge reinforcement in quest of cosine of an angle which the direction of an edge which carried out [ above-mentioned ] presumption, and the above-mentioned gradient make.

[Claim 8] The above-mentioned edge on-the-strength calculation means has the characteristic S which determines directivity as an angle theta, and a proportionality constant C and magnitude G of the above-mentioned gradient which the above-mentioned gradient makes, and is E about edge reinforcement  $E = C |G| \cos S(\theta)$  [ the direction of an edge which carried out / above-mentioned / presumption, and ] Edge detection equipment according to claim 6 characterized by computing by the becoming operation.

[Claim 9] edge detection equipment according to claim 6 characterized by searching for the above-mentioned edge on-the-strength calculation means as an inner product of the direction of an edge which carried out [ above-mentioned ] presumption, the direction of an edge which is the vector which normalized beforehand cosine of an angle which the above-mentioned gradient makes, and which carried out [ above-mentioned ] presumption, and the above-mentioned gradient which normalized length to "1."

[Claim 10] It is edge detection equipment according to claim 6 which is equipped with an information table of edge reinforcement computed beforehand, and is characterized by the above-mentioned edge on-the-strength calculation means computing edge reinforcement from the above-mentioned auxiliary information and the above-mentioned gradient using the above-mentioned information table.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] About the edge detection method and edge detection equipment which play a fundamental role in an image processing, this invention is applied to the special effect processing in image work of television, a movie, etc., part recognition, etc. from the camera image in FA (Factory Automation), and relates to the suitable edge detection method and edge detection equipment.

[0002]

[Description of the Prior Art] The activity which cuts down the partial image of arbitration from an image is the basic operation of generation of the texture in edit composition, computer graphics, etc. of an image, and structure data. In actuation of this logging, processing of edge detection, a field extract, matching with a known body, etc. is needed. When the background and object object in an image become complicated especially, it is necessary to ask for the edge which constitutes the outline of an object object correctly, and to pursue it.

[0003] Here, edge detection is processing to which a pixel value finds out the portion which is changing steeply within a shade image. Usually, since a steep change breaks out with the outline of an object object, it can extract the outline of an object object from an image based on the result of edge detection. Therefore, edge detection is various as the most fundamental processing for acquiring the information about the object object which exists in it from an image, and is used. Especially the extract of the outline of an object object is the most fundamental processing when judging a configuration, a location, etc. of an object object which exist in an image by a computer etc., and is the most important use of edge detection.

[0004] Although the method of the above edge detection has the method of well-known many, any method investigates the value change of a local pixel, and the change detects a large portion as an edge. As the typical edge detection method, there are some which use a differentiation filter as a spatial filter. The edge detection method using this differentiation filter is a method of detecting an edge based on the principle of becoming a value also with a big fine coefficient, in a portion with the large value change of a pixel. For example, when the operation equivalent to the primary differential of the direction of width (X) is performed and this Sobel filter is used, since the output of the Sobel filter serves as positive or a negative big value, the Sobel filter of the direction of width (X) as shown in drawing 10 can detect the edge of the direction of length (Y) in the place where the edge of the direction of length (Y) exists.

[0005] The spatial filter of the variety which performs the operation equivalent to the primary differential [ secondary ] other than the above Sobel filters is used for edge detection. About these edge detection

methods, it is introduced to the JAIN (Jain) work "fundamentals OBU digital image processing (Fundamentals of Digital Image Processing)" which is a typical textbook, and platte (Pratt) work "digital image processing (Digital Image Processing)" in detail, for example.

[0006] Moreover, various methods of detecting the outline of an object object using the above edge detection methods are also tried. For example, the binary image which a large portion is set to "1" from the result of edge detection, the degree, i.e., the edge reinforcement, of a pixel value change, and sets the other portion to "0" is generated, and the field extract method of obtaining the outline of an object object is indicated by "Japanese Patent Application No. No. 233810 [ five to ]" by carrying out thinning of the binary image. Here, thinning is the well-known procedure of removing the pixel of a value "1" in order and extracting the center line of 1-pixel width of face until it removes the pixel of a value "1" in order from the generated binary image and usually becomes 1-pixel width of face.

[0007] There is also a method of on the other hand detecting an edge by the statistical method, without using a spatial filter. For example, distribution of the pixel value near the pixel currently observed, i.e., distribution of a hue, is computed, and the edge detection method and equipment which detect the place where the value is large as a boundary of a field are indicated by "Japanese Patent Application No. No. 181969 [ five to ]."

[0008] moreover "Reference Color edge detection you JINGU vector order statistics 0 [ Trahanias, P.E.et.al."Color edge detection using vector orderstatistics", ] [ IEEE ] Transactions on image The method of detecting an edge based on the scale which means whether it is respectively separated only from other pixel values and which of the pixel value in processing, Vo 1.2, No.2, pp.259-264, and 1993" is described.

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, by the conventional edge detection method which was mentioned above, there was a problem of detecting all portions with a steep change of a pixel value. For example, by the conventional edge detection method, as shown in drawing 11 (a), when the interior of the object object 110 had the difference in a color, and the crossover of a background and the object object 110 in the object object 110 of an image 100, as shown in this drawing (b), it was not able to obtain only the edge 111 to ask originally as the boundary 112 inside a body detected and shown in this drawing (c).

[0010] Usually, inside a body, a steep change of the pixel value by various reasons of the difference in a color as shown in above-mentioned drawing 11 (a), a pattern, a shadow, etc. is unescapable. Moreover, various patterns and colors usually exist also in a background. On the other hand, by the conventional edge detection method, since a steep change of a pixel value was detected uniformly, the boundary inside a body which was mentioned above, the pattern of a background, etc. may have been accidentally detected as an edge.

[0011] Then, in order to solve the above problems, after performing weighting amendment processing to lightness based on the color information on an image, i.e., lightness, saturation, and a hue, the automatic clipping system which detects an edge based on the lightness to which weighting amendment processing was performed is indicated by "Japanese Patent Application No. No. 173177 [ one to ]." this automatic clipping system is more about an outline in the case by the weighting amendment processing for emphasizing the pixel value change near an outline, for example, change of lightness, -- \*\*\*\*\* -- by things, the detection which the body of a foreground, the pattern within a background, and color change mistook is reduced, and edge detection is performed.

[0012] However, in the above-mentioned automatic clipping system, performing weighting amendment

processing optimal about each portions of each on an outline is not taken into consideration. Moreover, it is rare rather that a pattern, a color, etc. are uniform along with an objective outline. For this reason, the above-mentioned automatic clipping system was not able to protect mixing of edges other than an edge to ask originally, either.

[0013] moreover, it is about the edge near a boundary in the case by changing a pixel value so that the contrast in the boundary of a foreground and a background may go up using the histogram of an image -- the edge extractor which detects a \*\*\*\*\* edge is indicated by "Japanese Patent Application No. No. 76170 [ one to ]." However, with the above-mentioned edge extractor, although it was effective in detection of a sensitive edge, mixing of edges other than an edge to ask originally was not able to be prevented, either.

[0014] By on the other hand limiting on an image the location which performs edge detection, the edge detection in an unnecessary location is excluded and the field extractor which minimizes mixing of the edge in locations other than an outline is indicated by "Japanese Patent Application No. No. 176780 [ three to ]." In this field extractor, by inputting the outline of the outline of an object object by the help, and performing edge detection only inside that outline outline, generating of an excessive edge is prevented and edge detection is performed. Moreover, the outline of the outline of an object object is inputted by the help, and the softkey generation equipment considered as the configuration which performs edge detection only near a boundary based on the information on the outline outline is indicated by "Japanese Patent Application No. No. 236347 [ five to ]."

[0015] However, it is only narrowing the field which detection of the edge only mistaken by the above-mentioned field extractor and the above-mentioned softkey generation equipment generates, and mixing of edges other than an outline was not able to be prevented. For example, as shown in drawing 12 (a), when edge detection was performed in an image 200 using the outline 220 of the outline of the object object 210 which the operator inputted, even if it restricts the range which performs edge detection, there is a limit in the limit, and as shown in above-mentioned drawing 12 (b), the unnecessary edges 221a, 221b, and 221c were detected accidentally.

[0016] Although the number and length of the unnecessary edges 221a, 221b, and 221c can be gradually decreased by raising the precision of the outline 220 of an outline here, it is necessary to give the outline 220 of an outline with a help to high degree of accuracy, and, for that, this is a very difficult activity. In order to solve this problem, when the operator is moving input means, such as a tablet and a mouse, slowly Although the image edit equipment which restricts the range which performs edge detection by controlling so that the size of the outline of an outline becomes thick, and detects an edge is indicated by "Japanese Patent Application No. No. 180674 [ one to ]" when controlling so that the size of the outline of an outline becomes thin, and moving quickly Mixing of an unnecessary edge was not able to be prevented in this.

[0017] There is the edge detection method of removing sharply an unnecessary edge which was mentioned above by detecting alternatively only the edge which agrees with the direction of an edge which presumed the direction of an edge from the outline of the outline inputted with the help, and was presumed, and detecting an edge in order to solve the above problems.

[0018] By the above-mentioned edge detection method, only the edge of a specific direction is detected by using the filter group called Robinson's (Robinson) 3 level (3-level) as shown in (a) - (d) of drawing 13 . The filter group shown in (a) - (d) of above-mentioned drawing 13 extends the Sobel filter shown in

above-mentioned drawing 10 , and are level and a thing which detects the edge of the direction of [ other than a perpendicular ]. For example, the filter shown in (a) of above-mentioned drawing 13 has a large pixel value on the right-hand side of an image, and when the pixel value on the left-hand side of an image is small, it outputs a big value. That is, the filter shown in (a) of above-mentioned drawing 13 detects the edge of the direction of +0 degree. Moreover, each filter shown in (b) of above-mentioned drawing 13 , (c), and (d) detects the edge of 45 degrees, 90 degrees, and the direction of 135 degree respectively.

[0019] Moreover, by the above-mentioned edge detection method, the filter group which detects an edge by 45-degree unit in the direction of [ other than the direction of the edge which the above-mentioned filter group detects ] in addition to the filter group shown in (a) - (d) of above-mentioned drawing 13 is used. Therefore, by the above-mentioned edge detection method, the filter for detecting the edge of eight directions in all is used.

[0020] Here, there are a compass (compass) filter of pre wit (Prewitt), a filter of kirsch (Kirsch), etc. which are stated to the platte (Pratt) work "digital image processing (Digital Image Processing)" mentioned above as a filter which detects the edge of a specific direction other than the filter of Robinson's 3 level shown in (a) - (d) of above-mentioned drawing 13 .

[0021] however, in the filter (the following and a direction -- it is called an alternative filter.) which detects the edge of specific directions, such as a filter of Robinson's 3 level mentioned above, a compass filter of pre wit, and a filter of kirsch, there is a defect that directional selectivity, i.e., directivity, is weak.

[0022] the case where the angle at which the direction of K and an edge to detect and the direction of an actual edge make the original reinforcement of an edge is set to theta, for example when explained concretely -- a direction -- the output E of an alternative filter, i.e., edge reinforcement, --  $E = K \cos \theta$  -- it is given with relational expression.

[0023] Unless 90 degrees of this relational expression differ from the direction of the edge which wants to detect the direction of an unnecessary edge originally, the edge reinforcement E of an unnecessary edge is not set to "0", namely, it is shown that mixing of an unnecessary edge is completely unremovable. therefore, it is shown in drawing 14 -- as -- a direction -- although the directivity B which is needed practically to the directivity A in an alternative filter needs to be still stronger -- such strong directivity -- a direction -- since an alternative filter was not able to be given, mixing of an unnecessary edge was not able to be prevented.

[0024] moreover, a direction -- in the alternative filter, when it was going to make the detection direction of an edge fine (for example, when it is going to make the detection direction of an edge fine not per 45-degree unit which was mentioned above but per 15 degrees), the filter was large. That is, it became insufficient [ the positive portion of the coefficient of a filter, and a negative portion / about 3x3 small filter ], in order to express the angle of the detection direction when the detection direction of an edge is finely specified like 15-degree unit although it must be arranged at the detection direction and right angle of an edge, and the filter was large. For this reason, while the ability to detect of a fine edge declined, if many filters were not used, inconvenient [ that it could not respond to the edge of all the directions ] had arisen.

[0025] Then, this invention is made in view of the conventional actual condition like \*\*\*\*, and has the following purposes. That is, the purpose of this invention prevents mixing of an unnecessary edge, and is to offer the edge detection method and edge detection equipment which raised edge detection precision.

[0026] Moreover, the purpose of this invention is to offer the edge detection method that directivity is



powerful and edge detection equipment of the direction of edge detection. Moreover, the purpose of this invention is to offer the edge detection method and edge detection equipment which obtain a good edge image easily.

[0027] Moreover, the purpose of this invention is to offer the edge detection method and edge detection equipment which obtain a good edge image at a high speed.

[0028]

[Means for Solving the Problem] In order to solve an above-mentioned technical problem, an edge detection method concerning this invention While a pixel value is the edge detection method of detecting as an edge a pixel group which is changing steeply compared with the perimeter and presuming the direction of an edge of each location in input image data out of input image data which consists of shade data It asks for a gradient in each location, and information on the presumed direction of an edge is made into auxiliary information, and it is characterized by computing edge reinforcement from the above-mentioned auxiliary information and the above-mentioned gradient, and detecting an edge.

[0029] Moreover, an edge detection method concerning this invention is characterized by computing edge reinforcement in quest of cosine of an angle which the direction of an edge which carried out [ above-mentioned ] presumption, and the above-mentioned gradient make. Moreover, an edge detection method concerning this invention has the characteristic S which determines directivity as an angle theta, and a proportionality constant C and magnitude G of the above-mentioned gradient which the above-mentioned gradient makes, and is E about the edge reinforcement  $E = C|G|\cos S(\theta)$  [ the direction of an edge which carried out / above-mentioned / presumption, and ] ,

It is characterized by computing by the becoming operation.

[0030] Moreover, an edge detection method concerning this invention is characterized by asking as an inner product of the direction of an edge which carried out [ above-mentioned ] presumption, the direction of an edge which is the vector which normalized beforehand cosine of an angle which the above-mentioned gradient makes and which carried out [ above-mentioned ] presumption, and the above-mentioned gradient which normalized length to "1."

[0031] Moreover, an edge detection method concerning this invention is characterized by computing edge reinforcement from the above-mentioned auxiliary information and the above-mentioned gradient using an information table of edge reinforcement computed beforehand. Edge detection equipment concerning this invention out of input image data which consists of shade data A presumed means by which are edge detection equipment which detects as an edge a pixel group which is changing steeply compared with the perimeter, and a pixel value presumes the direction of an edge of each location in input image data, and makes information on the presumed direction auxiliary information, A gradient calculation means to ask for a gradient of each location in input image data, It is characterized by having auxiliary information acquired with the above-mentioned presumed means, an edge on-the-strength calculation means to compute edge reinforcement from a gradient obtained with the above-mentioned gradient calculation means, and a detection means to detect an edge from edge reinforcement obtained with the above-mentioned edge on-the-strength calculation means.

[0032] Moreover, edge detection equipment concerning this invention is characterized by the above-mentioned edge on-the-strength calculation means computing edge reinforcement in quest of cosine of an angle which the direction of an edge which carried out [ above-mentioned ] presumption, and the above-mentioned gradient make. Moreover, edge detection equipment concerning this invention has

the characteristic S which determines directivity as an angle theta, and a proportionality constant C and magnitude G of the above-mentioned gradient which the above-mentioned gradient makes, and the above-mentioned edge on-the-strength calculation means is E about the edge reinforcement  $E = C |G| \cos S(\theta)$  [ the direction of an edge which carried out / above-mentioned / presumption, and ]

It is characterized by computing by the becoming operation.

[0033] Moreover, it is characterized by edge detection equipment concerning this invention searching for the above-mentioned edge on-the-strength calculation means as an inner product of the direction of an edge which carried out [ above-mentioned ] presumption, the direction of an edge which is the vector which normalized beforehand cosine of an angle which the above-mentioned gradient makes and which carried out [ above-mentioned ] presumption, and the above-mentioned gradient which normalized length to "1."

[0034] Moreover, edge detection equipment concerning this invention is equipped with an information table of edge reinforcement computed beforehand, and the above-mentioned edge on-the-strength calculation means is characterized by computing edge reinforcement from the above-mentioned auxiliary information and the above-mentioned gradient using the above-mentioned information table.

[0035]

[Function] By the edge detection method concerning this invention, the direction of an edge of each location in the input image data which consists of shade data is presumed. Moreover, it asks for the gradient in each location. And information on the presumed direction of an edge is made into auxiliary information, edge reinforcement is computed from the above-mentioned auxiliary information and the above-mentioned gradient, and the pixel group from which the pixel value is changing steeply compared with the perimeter is detected as an edge.

[0036] Moreover, by the edge detection method concerning this invention, edge reinforcement is computed in quest of the cosine of the angle which the direction of an edge which carried out [ above-mentioned ] presumption, and the above-mentioned gradient make. Moreover, it has the characteristic S which determines directivity as an angle theta, and the proportionality constant C and magnitude G of the above-mentioned gradient which the above-mentioned gradient makes by the edge detection method concerning this invention, and is E about the edge reinforcement  $E = C |G| \cos S(\theta)$  [ the direction of an edge which carried out / above-mentioned / presumption, and ]

It computes by the becoming operation.

[0037] Moreover, by the edge detection method concerning this invention, it asks as an inner product of the direction of an edge which carried out [ above-mentioned ] presumption, the direction of an edge which is the vector which normalized beforehand the cosine of the angle which the above-mentioned gradient makes and which carried out [ above-mentioned ] presumption, and the above-mentioned gradient which normalized length to "1."

[0038] Moreover, by the edge detection method concerning this invention, edge reinforcement is computed from the above-mentioned auxiliary information and the above-mentioned gradient using the information table of the edge reinforcement computed beforehand. With the edge detection equipment concerning this invention, a presumed means presumes the direction of an edge of each location in the input image data which consists of shade data, and makes information on the presumed direction auxiliary information. A gradient calculation means asks for the gradient of each location in input image data. An edge on-the-strength calculation means computes edge reinforcement from the gradient obtained with the

auxiliary information and the above-mentioned gradient calculation means which were acquired with the above-mentioned presumed means. A detection means detects as an edge the pixel group from which the pixel value is changing steeply compared with the perimeter from the edge reinforcement obtained with the above-mentioned edge on-the-strength calculation means.

[0039] Moreover, with the edge detection equipment concerning this invention, the above-mentioned edge on-the-strength calculation means computes edge reinforcement in quest of the cosine of the angle which the direction of an edge which carried out [ above-mentioned ] presumption, and the above-mentioned gradient make. Moreover, with the edge detection equipment concerning this invention, the above-mentioned edge on-the-strength calculation means has the characteristic S which determines directivity as an angle theta, and the proportionality constant C and magnitude G of the above-mentioned gradient which the above-mentioned gradient makes, and is E about the edge reinforcement  $E = C |G| \cos S(\theta)$  [ the direction of an edge which carried out / above-mentioned / presumption, and ] It computes by the becoming operation.

[0040] Moreover, with the edge detection equipment concerning this invention, the above-mentioned edge on-the-strength calculation means is searched for as an inner product of the direction of an edge which carried out [ above-mentioned ] presumption, the direction of an edge which is the vector which normalized beforehand the cosine of the angle which the above-mentioned gradient makes and which carried out [ above-mentioned ] presumption, and the above-mentioned gradient which normalized length to "1."

[0041] Moreover, with the edge detection equipment concerning this invention, the above-mentioned edge on-the-strength calculation means computes edge reinforcement from the above-mentioned auxiliary information and the above-mentioned gradient using the information table of the edge reinforcement computed beforehand.

[0042]

[Example] Hereafter, it explains, referring to a drawing about one example of this invention. The edge detection method concerning this invention is enforced by edge detection equipment 10 as shown in drawing 1 . Moreover, edge detection equipment 10 applies the edge detection equipment concerning this invention.

[0043] That is, edge-detection equipment 10 is equipped with the edge on-the-strength count section 14 which computes the edge reinforcement E from the output from the gradient count section 11 to which the input image Fin is supplied, the spline curve generating section 12 to which the outline P of an outline is supplied, the parameter coordinate generation section 13 which generates Parameter t to the spline curve generating section 12, and the output and the spline curve generating section 12 from the gradient count section 11, as shown in above-mentioned drawing 1 . Moreover, the output from the spline curve generating section 12 is made as [ supply / the gradient count section 11 ].

[0044] Moreover, the gradient count section 11 is equipped with the filter computing element 111 and the filter computing element 112 with which the input image Fin is supplied respectively as shown in drawing 2 . The filter computing element 111 gives the Sobel filter SX of the direction of X to the input image Fin, and the filter computing element 112 gives the Sobel filter SY of the direction of Y to the input image Fin. Each output from such a filter computing element 111 and the filter computing element 112 is made as [ supply / the edge on-the-strength count section 14 ].

[0045] It is made as [ supply / to the edge on-the-strength count section 14 / the direction selectivity index

s set up beforehand]. Moreover, the edge on-the-strength count section 14 The gradient table TG referred to using the output from the gradient count section 11 as shown in drawing 3 The coordinate rotation section 412 to which the output from the spline curve generating section 12 is supplied, The result obtained on the gradient table TG, and the inner product count section 141 to which the output from the coordinate rotation section 412 is supplied, It has the multiplier 143 which computes the edge reinforcement E from the result obtained on the cosine table TC referred to using the direction selectivity index s and the output from the internal-arithmetic section 141 which were supplied, and the cosine table TC, and the result obtained on the gradient table TG.

[0046] Here, drawing 4 is a flow chart which shows the edge detection processing in edge detection equipment 10. Hereafter, it explains concretely using above-mentioned drawing 1 - drawing 3 , and drawing 4 . The input image Fin which consisted of shade data is inputted into edge detection equipment 10. On the other hand, the outline P of an outline is inputted into edge detection equipment 10 by using a tablet, seeing the input image Fin currently displayed on the display which the operator is not illustrating.

[0047] The gradient count section 11 captures the input image Fin (step S1). In addition, the detailed explanation in the gradient count section 11 is mentioned later. On the other hand, the spline curve generating section 12 incorporates the outline P of the outline by an operator's input which was mentioned above one by one as a coordinate train  $(x_0, y_0)$ ,  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ , and ... (step S2). And the spline curve generating section 12 generates smooth curve P (t) which passes along the coordinate train  $(x_0, y_0)$  incorporated one by one,  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ , and ... (step S3).

[0048] If it explains concretely, curvilinear P (t) will be first expressed in cubic spline format. Namely, curvilinear P (t) has the 3rd polynomial x of Parameter t and Parameter t (t), and y (t), and is  $P(t) = (x(t), y(t))$

It is expressed by the becoming formula. And when Parameter t changes to "0" - "1", curvilinear P which is the locus (t), i.e., spline curve P, (t) will connect smoothly a coordinate train  $(x_0, y_0)$ ,  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ , and ..., and it will go around an outline. Such a spline curve is used in large fields including CAD.

[0049] Then, the spline curve generating section 12 so that spline curve P (t) may connect smoothly a coordinate train  $(x_0, y_0)$ ,  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ , and ... The 3rd polynomial x (t), the coordinate train  $(x_0, y_0)$  which incorporated the coefficient of y (t) one by one,  $(x_1, y_1)$   $(x_2, y_2)$  ... (it is hereafter called a coordinate train  $(x_n, y_n)$ .) It bases and determines. The decision method of this coefficient is metric [ which are typical reference / of fur phosphorus (Farin) work / "Karr Bus and sir FESHIZU FO computer ray dead JIEO metric ], for example. The decision method of the coefficient stated to design (Curves and surfaces for computer aided geometric design)" is applied. When a point group is able to be given, the decision method of this coefficient is the decision method of a coefficient that that point group is passed, and is well-known.

[0050] For example, when it is the image 250 as the input image Fin shows to drawing 5 (a) (i.e., when the circular body 260 exists near the center of an image 250), the spline curve generating section 12 incorporates point group 271xy on the outline of the outline which the operator specified along the perimeter of the circular body 260 as a coordinate train  $(x_n, y_n)$ . And the spline curve generating section 12 determines a coefficient for which the curve 270 which interpolates point group 271xy passes point group 271xy, and generates spline curve P (t).

[0051] Spline curve P (t) generated by the spline curve generating section 12 as mentioned above is

supplied to the gradient count section 11. Moreover, the spline curve generating section 12 performs the following processings about each pixel on spline curve P (t), using generated spline curve P (t) as an outline of an outline (step S4). At this time, the parameter coordinate generation section 13 changes the parameter t of curvilinear P (t) by unit width of face small to "0" - "1", and is generated to the spline curve generating section 12.

[0052] In addition, processing of step S4 described below is loop processing which follows each pixel on spline curve P (t) in order with the parameter t which changed from the parameter coordinate generation section 13 little by little, and is repeated about each pixel (x y). First, the spline curve generating section 12 asks for the X coordinate and Y coordinate (henceforth an object pixel (x y)) of an object pixel by substituting for the formula of "P(t) = (x (t) y (t))" which mentioned above the parameter t from the parameter coordinate generation section 13. And the spline curve generating section 12 supplies the object pixel (x y) for which it asked to the gradient count section 11.

[0053] Moreover, the spline curve generating section 12 asks for the tangential direction of spline curve P (t) in the object pixel (x y) for which it asked, as shown in above-mentioned drawing 5 (b). This tangential direction is used as a near direction of the outline in an object pixel (x y). Namely, since a tangential direction is equal to the direction of velocity vector V (t) which differentiates spline curve P (t) and is obtained, it makes this velocity vector V (t) a tangential direction, and it is  $V(t) = d/dtP(t)$

It asks by the becoming formula. and the length of velocity vector V (t) for which it asked -- "1" -- normalizing -- tangent vector T --  $T = V(t)/|V(t)|$  -- it asks by the formula (step S4.1), and tangent vector T for which it asked is supplied to the edge on-the-strength count section 14.

[0054] Next, tangent vector T obtained in the spline curve generating section 12 as mentioned above is made into auxiliary information, and edge detection processing described below using the auxiliary information is performed (step S4.2). First, the edge on-the-strength count section 14 calculates normal vector N which rotated 90 degrees tangent vector T from the spline curve generating section 12 (step S4.2.1). This rotation makes a counterclockwise rotation positive sense to the travelling direction of the locus of spline curve P (t).

[0055] That is, in the edge on-the-strength count section 14, as shown in above-mentioned drawing 3, the coordinate rotation section 142 changes tangent vector T from the spline curve generating section 12 into normal vector N which rotated counterclockwise. The processing in this coordinate rotation section 142 is very simple to apply one 1 time and -1 time the coefficient of this.

[0056] When the processing which calculates the above normal vector N is expressed using operation expression, the matrix R shown in several 1 is used for normal vector N, and it is [0057].

[Equation 1]

$$R = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

[0058]  $N = It$  is set to  $RT$ . Thus, since calculated normal vector N is the normal vector of spline curve P (t), if its direction of the outline presumed to be the sense of an edge is parallel, it will become parallel [ normal vector N of gradient and spline curve P (t) perpendicular to each mentioned later ].

[0059] Next, the gradient count section 11 mentioned above reads the pixel value I (x y) of the input image Fin captured in processing of step S1 about the field 3x3 pixels near the object pixel (x y) from the spline

curve generating section 12, and searches for the inclination (henceforth a gradient) G of the image in an object pixel (x y).

[0060] That is, in the gradient count section 11, as shown in above-mentioned drawing 2, the filter computing element 111 gives the Sobel filter SX of the direction of X to the pixel value I of the read input image Fin (x y). Moreover, the filter computing element 112 gives the Sobel filter SY of the direction of Y to the pixel value I of the read input image Fin (x y). And the gradient count section 11 is supplied to the edge on-the-strength count section 14 combining the outputs Dx and Dy of the filter computing element 111 and the filter computing element 112 as a gradient G (= (Dx, Dy)) of the image in an object pixel (x y) (step S4.2.2).

[0061] An inclination is the vector which shows the greatest direction and the gradient G obtained as mentioned above has it, when the shade of an image is regarded as altitude. [ perpendicular to the direction of an edge ] That is, a gradient G is G to the pixel value I of the input image Fin (x y). = gradI (x y) = (Dx, Dy)

It can express with the becoming formula.

[0062] Next, the edge on-the-strength count section 14 calculates normG normalized so that length lenG of the gradient G obtained in the gradient count section 11 and length lenG of a gradient G might be set to "1" (step S4.2.3). Here, the edge on-the-strength count section 14 is equipped with the gradient table TG as shown in above-mentioned drawing 3. The result by which length lenG of a gradient G and normG which normalized it were beforehand calculated using the operation expression shown in [a-two number] is stored in this gradient table TG.

[0063]

[Equation 2]

$$\text{lenG} = \sqrt{Dx^2 + Dy^2}$$

$$\text{normG} = G / \text{lenG}$$

[0064] When it explains concretely, the gradient table TG is a table which considers as an input the gradient G (= (Dx, Dy)) obtained in the gradient count section 11, and considers length lenG of a gradient G, and normG which normalized it as an output. Moreover, the precision of a pixel value is usually 8 bits, and since the precision same also as the output Dx of the direction of X and the output Dy of the direction of Y is used, it is made as [ input / into the gradient table TG / 16 bits in all of the output Dx of the direction of X and the output Dy of the direction of Y ]. For this reason, one element of the gradient table TG is assigned to the combination of the output Dx of the direction of X of arbitration, and the output Dy of the direction of Y. Therefore, the value of length lenG of a gradient G and the value of normG which normalized it are respectively stored in each element of the gradient table TG. A result can be obtained easily, without performing complicated count of a square root etc. by using such a gradient table TG. Moreover, since the input to the gradient table TG is made into 16 bits, the number of table sizes, i.e., an element, is "65536", and can be enough applied to the present computer.

[0065] Length lenG of the gradient G of the gradient G (= (Dx, Dy)) obtained in the gradient count section 11 on the above gradient tables TG and normG which normalized it are calculated. And while normG which normalized length lenG of the called-for gradient G is supplied to the inner product count section

141, length  $\text{lenG}$  of a gradient  $G$  is supplied to a multiplier 143.

[0066] normal vector  $N$  which asked the last for the edge reinforcement  $E(x, y)$  of an outline [ in / in the edge on-the-strength count section 14 / an object pixel  $(x, y)$  ] as mentioned above, length  $\text{lenG}$  of the gradient  $G$  from the gradient table  $TG$ ,  $\text{normG}$  which normalized it, and the direction selectivity index  $s$  -- having --  $E(x, y) = \text{lenG}(\text{normG} \cdot N) S$  -- it asks by the formula.

[0067] That is, in the edge on-the-strength count section 14, as shown in above-mentioned drawing 3, the inner product count section 141 asks for the inner product " $\text{normG} \cdot N$ " of normal vector  $N$  and  $\text{normG}$  which normalized length  $\text{lenG}$  of a gradient  $G$  by multiplication first. This result serves as cosine " $\text{costheta}$ " of a gradient  $G$  and the angle  $\theta$  which normal vector  $N$  makes.

[0068] Next, it asks for  $\text{cosStheta}$  with the direction selectivity index  $s$  supplied using the cosine table  $TC$ . It is the table which this cosine table  $TC$  considers the cosine " $\text{costheta}$ " obtained in the inner product count section 141 as an input, and considers the  $S$ th power of cosine " $\text{costheta}$ " as an output, and the  $S$ th power ( $=\text{cosStheta}$ ) of the cosine " $\text{costheta}$ " outputted from the cosine table  $TC$  is supplied to a multiplier 143. Here, in this example, since the direction selectivity index  $s$  is made into the fixed value set up beforehand, the input to the cosine table  $TC$  is as a result of the inner product obtained in the inner product count section 141, and the cosine table  $TC$  is a small table whose input is about 8 bits. It can ask for the  $S$ th power " $\text{cosStheta}$ " of cosine easily, without performing complicated count by using such a cosine table  $TC$ .

[0069] And finally, a multiplier 143 multiplies the  $S$ th power " $\text{cosStheta}$ " of length  $\text{lenG}$  of the gradient  $G$  from the gradient table  $TG$ , and the cosine from the cosine table  $TC$ , and outputs the multiplied result as edge reinforcement  $E$ . Here, the direction selectivity index  $s$  supplied to the edge on-the-strength count section 14 is a characteristic which determines alternatively [ how much ] it reacts only to the edge of the specific direction. Since that part directivity will become strong if this direction selectivity index  $s$  has a large value, mixing of an unnecessary edge can be prevented more strongly, but when the direction of an edge of desired, i.e., the presumed direction, and the actual direction of an edge have shifted, attenuation of edge reinforcement is caused. Then, as for the direction selectivity index  $s$ , the value between 2-8 is usually set up.

[0070] For example, if the direction selectivity index  $s$  becomes large as shown in drawing 6, only when the value of the direction where a gradient  $G$  and normal vector  $N$  are the same, i.e., an inner product, " $\text{normG} \cdot N$ " is close to "1", the edge reinforcement  $E(x, y)$  will serve as a large value. That is, high directivity is obtained. Moreover, when the direction selectivity index  $s$  is set to "1", the directivity in the filter of Robinson's 3 level mentioned above, the compass filter of pre wit, and the filter of kirsch and the same directivity are obtained.

[0071] Processing of the above step  $S4$  is performed to each pixel  $(x, y)$  on spline curve  $P(t)$  which gives the outline of an outline. Therefore, from the edge on-the-strength count section 14, as shown in drawing 7, the edge image  $F_{\text{out}}$  on the strength obtained from the input image  $F_{\text{in}}$  is outputted (step  $S5$ ). As mentioned above, at this example, in the processing which asks for the edge reinforcement  $E$ , since it is asking for direct cosine " $\text{costheta}$ " by count of an inner product, without asking for a gradient  $G$  and the angle which normal vector  $N$  makes directly, there is no necessity of performing complicated processing of count of 3 angle function etc. That is, a gradient  $G$ , the magnitude of the angle which normal vector  $N$  makes, and a corresponding amount can compute by the far small computational complexity of two multiplication and one addition.



[0072] moreover, with the conventional edge detection method and edge detection equipment Mixing of the unnecessary edges 221a-221c by the difference of the color in the foreground body shown in (b) of above-mentioned drawing 12 or the crossover of a background body is unescapable. For example, to only 50% of attenuation being obtained, according to this example, as shown in above-mentioned drawing 6 , the reinforcement of the edge of the direction which shifted [ which was presumed ] from the edge 45 degrees the reinforcement of the edge of 29% of attenuation, and the direction shifted 60 degrees When the direction selectivity index  $s$  is set to "4", in the reinforcement of the edge of the direction which shifted [ which was presumed ] from the edge 45 degrees, the reinforcement of the edge of 75% of attenuation and the direction shifted 60 degrees can obtain 94% of attenuation. Moreover, since the direction of the edges 221a-221c which are produced according to the color change in the above foregrounds or a background and in which it deals serves as a greatly different angle from the direction of the outline of an object object, mixing of an unnecessary edge can be removed nearly completely by using strong directivity which was mentioned above.

[0073] Moreover, since it asks for the gradient  $G$  of tangent vector  $T$  which is the estimate of the direction of the outline of an outline, and the input image  $F_{in}$  for every pixel on an outline, the edge which met the outline in each point on an outline is alternatively detectable. for example, -- the level line top which normal vector  $N$  serves as a direction perpendicular to a curve 270 in the image 250 shown in above-mentioned drawing 5 (a) in the parts A and B with the difference in the color in the circular body 260, and is produced by the difference in the color in the circular body 260 -- a gradient  $G$  -- the above -- it becomes perpendicularly to a level line. For this reason, the angular difference of the above-mentioned normal vector  $N$  and the above-mentioned gradient  $G$  becomes 90 degrees, and as shown in above-mentioned drawing 6 , the edge reinforcement  $E$  is set to "0." That is, the edge in the circular body 260 is not detected. On the other hand, since the edge showing an outline meets a curve 270, the gradient  $G$  in Parts A and B becomes horizontal. This is the same direction as normal vector  $N$ , and, for this reason, the edge showing an outline is detected strongly. Therefore, only an edge to ask originally can be detected, without mixing the unnecessary edges 221a, 221b, and 221c as shown in above-mentioned drawing 12 (b).

[0074] Moreover, only a required edge can be detected by the high S/N ratio, without an unnecessary edge mixing the edge on-the-strength count section 14 by reacting in a specific direction strongly by giving tangent vector  $T$  which is the information which presumed the direction of an edge to the edge on-the-strength count section 14 as auxiliary information.

[0075] Moreover, only a required edge can be detected, without applying time and effort, without increasing an operator's rating, since the direction of the edge of the object object in each location is computable from the outline of an outline in which it was inputted by the operator. In addition, in the example mentioned above, although the set point of the direction selectivity index  $s$  was made into the value between 2-8, precision of the presumed direction of an edge may be made still higher, and a still bigger value may be set as the direction selectivity index  $s$ . Thereby, directivity can be strengthened further.

[0076] Moreover, according to a condition, the value of the direction selectivity index  $s$  may be changed by inputting the value of the direction selectivity index  $s$  from the outside. Usually, the cosine table TC addition number of bits which will come out enough and will consider the direction selectivity index  $s$  as an input for a certain reason if several kinds of values of the direction selectivity index  $s$  can be chosen is good at about 4 bits. Moreover, the value of the direction selectivity index  $s$  may be limited to an integer,



and a computer may calculate power as a repeat of multiplication.

[0077] Moreover, it is  $f(\cos^{-1}IP)$ , outputting as IP inner product operation part 141 shown in above-mentioned drawing 3 although [ the example mentioned above ] it asks for edge reinforcement using the power of cosine "costheta", and outputting a directive distribution function as  $f(\theta)$ .

It may calculate and you may ask for edge reinforcement using the result. When the angle  $\theta$  which the presumed direction of an edge and the actual direction of an edge make as shown in drawing 8 is below threshold K by this, edge reinforcement is not attenuated, and when threshold K is exceeded, the directivity which attenuates edge reinforcement steeply can be obtained.

[0078] If it explains concretely, first, a desired distribution configuration will be defined and the value of the horizontal axis of the graph shown in above-mentioned drawing 8 will be changed into cosine. Next, the attenuation factor over the values of each of cosine, i.e., the count result of " $f(\cos^{-1}IP)$ ", is stored in a table. It is used instead of the cosine table TC used in the example which mentioned this table above. Therefore, it can ask for edge reinforcement using a distribution function  $f(\theta)$ .

[0079] Moreover, it is good also as a distribution function  $f(\theta)$  having the direction selectivity index  $s$  as a variable. That is, you may ask for edge reinforcement using a distribution function  $f(\theta, s)$ . In this case, the direction selectivity index  $s$  is considered as the input of the above-mentioned table, and it asks for edge reinforcement, changing the direction selectivity index  $s$ .

[0080] Moreover, although the outline of an outline was set to spline curve  $P(t)$  expressed in cubic spline format in the example mentioned above, it is good also as what is expressed in the spline format of a different degree. Moreover, curve  $Q$  expressed in IMPURI site form (implicit form) format, without using Parameter  $t(x, y) = 0$ . It is good also as 0.

[0081] Moreover, thinning of the image of the border line of the outline which the operator drew may be carried out, and the direction of an edge may be presumed from the physical relationship of the adjoining pixel. In this case, in step S3 shown in above-mentioned drawing 4, thinning of the image of the border line of an outline is carried out, and the direction of the outline in that location is searched for from the list of two or more pixels which adjoin the object pixel in the image which carried out thinning in step S4.1 shown in above-mentioned drawing 4.

[0082] Moreover, the highest filter of the ability to detect to the direction is chosen from two or more above-mentioned filters based on the direction which the edge presumed using two or more filters which react to the edge of a specific direction alternatively, for example, a compass operator, (compass operator), and you may make it ask for edge reinforcement in step S4 shown in above-mentioned drawing 4.

[0083] Moreover, although the information showing the outline of an outline shall be inputted by the operator in the example mentioned above, it is good also as detecting an edge from the image of two or more sheets which continues in time, i.e., a dynamic image, continuously. In this case, in processing of step S2 of the flow chart shown in above-mentioned drawing 4, the outline of an outline is not incorporated as a coordinate train  $(x_n, y_n)$ , but the outline in the image of the present processing object is presumed from three information on the result of the edge detection obtained from the last image and the last image to the image of the present processing object, and the image of the present processing object.

[0084] That is, as shown in drawing 9, pixels (henceforth a mark) 311, 312, and 313 and ... are first connected with a fixed gap on the edge 30 obtained as a result of the edge detection processing to the image FP in front of the image FC of the present processing object. Next, the small block which includes a mark respectively is defined to each marks 311, 312, and 313 and ... For example, to a mark 311, the small

block 32 including a mark 311 is defined. Thus, block matching processing detects the data and the portion with the highest correlation within the defined small block out of the image FC of a current processing object.

[0085] In this block matching processing, the pixel value within the block of the same magnitude for example, in the pixel value within the small block 32 and the image FC of a current processing object is compared first, and the block 33 with the highest correlation is detected by determining mutually related height by the size of total of that difference. At this time, the pixel 34 in block 33 turns into a pixel corresponding to the mark 311 of the small block 32. A corresponding pixel is similarly detected out of the image FC of a current processing object to the marks 312 and 313 of those other than mark 311, and ...

[0086] Therefore, in processing of step S3 of the flow chart shown in above-mentioned drawing 4, spline curve  $P(t)$  is generated using the coordinate train of the pixel to which a single string obtained as mentioned above corresponds. As mentioned above, an edge is automatically [ without operator intervention ] detectable to a dynamic image by block matching processing extracting an outline from the image of the present processing object, and the last image continuously, and performing edge detection using the outline. Moreover, the number of sheets of the image of a current processing object and not only the last image but an image may be increased for the image used for block matching processing in this case, and block matching processing may be performed. Thereby, since the calculation precision of the movement magnitude of a block can be raised, an edge can be detected more correctly.

[0087] Moreover, in two or more images which separated in time, the key frame method may be applied to processing of step S2 of the flow chart shown in above-mentioned drawing 4. That is, an operator may give directions of a configuration about two or more images, and a computer may apply the technique of substituting for an operator with interpolation about a middle image. In this case, in processing of the above-mentioned step S2, an operator sets up the outline of an outline, about a middle image group, the point group on the outline of an outline is interpolated and the spline curve in that image is generated automatically.

[0088] By detecting the edge in the image of the present processing object as mentioned above based on the result of the edge detection of the image of two or more sheets, and the past, the auxiliary information which is the information on change of the direction of an edge or a color with a still more sufficient precision can be searched for using inter-frame correlation. Therefore, edge detection precision can be raised further and edge detection in a dynamic image can be performed, without applying time and effort.

[0089]

[Effect of the Invention] By the edge detection method concerning this invention, the direction of an edge of each location in the input image data which consists of shade data is presumed. Moreover, it asks for the gradient in each location. And information on the presumed direction of an edge is made into auxiliary information, edge reinforcement is computed from the above-mentioned auxiliary information and the above-mentioned gradient, and the pixel group from which the pixel value is changing steeply compared with the perimeter is detected as an edge. Only the edge which constitutes the outline of an object object can be detected without being able to obtain strong directivity in edge detection and an unnecessary edge mixing by this. Therefore, edge detection precision can be raised.

[0090] Moreover, by the edge detection method concerning this invention, edge reinforcement is computed in quest of the cosine of the angle which the direction of an edge which carried out [ above-mentioned ] presumption, and the above-mentioned gradient make. Thereby, edge reinforcement is computable by

small computational complexity. Therefore, a good edge image can be obtained easily.

[0091] Moreover, it has the characteristic S which determines directivity as an angle  $\theta$ , and the proportionality constant C and magnitude G of the above-mentioned gradient which the above-mentioned gradient makes by the edge detection method concerning this invention, and is E about the edge reinforcement  $E = C|G|\cos S(\theta)$  [ the direction of an edge which carried out / above-mentioned / presumption, and ]

It computes by the becoming operation. Thereby, edge reinforcement is computable by small computational complexity. Therefore, a good edge image can be obtained easily.

[0092] Moreover, by the edge detection method concerning this invention, it asks as an inner product of the direction of an edge which carried out [ above-mentioned ] presumption, the direction of an edge which is the vector which normalized beforehand the cosine of the angle which the above-mentioned gradient makes and which carried out [ above-mentioned ] presumption, and the above-mentioned gradient which normalized length to "1." Thereby still stronger directivity can be obtained and edge reinforcement can be computed by still smaller computational complexity. Therefore, a good edge image can be obtained still more easily.

[0093] Moreover, by the edge detection method concerning this invention, edge reinforcement is computed from the above-mentioned auxiliary information and the above-mentioned gradient using the information table of the edge reinforcement computed beforehand. Thereby, since calculation processing of edge reinforcement can be simplified, a good edge image can be obtained at a high speed.

[0094] With the edge detection equipment concerning this invention, a presumed means presumes the direction of an edge of each location in the input image data which consists of shade data, and makes information on the presumed direction auxiliary information. A gradient calculation means asks for the gradient of each location in input image data. An edge on-the-strength calculation means computes edge reinforcement from the gradient obtained with the auxiliary information and the above-mentioned gradient calculation means which were acquired with the above-mentioned presumed means. A detection means detects as an edge the pixel group from which the pixel value is changing steeply compared with the perimeter from the edge reinforcement obtained with the above-mentioned edge on-the-strength calculation means. Only the edge which constitutes the outline of an object object can be detected without being able to obtain strong directivity in edge detection and an unnecessary edge mixing by this. Therefore, edge detection precision can be raised.

[0095] Moreover, with the edge detection equipment concerning this invention, the above-mentioned edge on-the-strength calculation means computes edge reinforcement in quest of the cosine of the angle which the direction of an edge which carried out [ above-mentioned ] presumption, and the above-mentioned gradient make. Thereby, edge reinforcement is computable by small computational complexity. Therefore, a good edge image can be obtained easily.

[0096] Moreover, with the edge detection equipment concerning this invention, the above-mentioned edge on-the-strength calculation means has the characteristic S which determines directivity as an angle  $\theta$ , and the proportionality constant C and magnitude G of the above-mentioned gradient which the above-mentioned gradient makes, and is E about the edge reinforcement  $E = C|G|\cos S(\theta)$  [ the direction of an edge which carried out / above-mentioned / presumption, and ]

It computes by the becoming operation. Thereby, edge reinforcement is computable by small computational complexity. Therefore, a good edge image can be obtained easily.

[0097] Moreover, with the edge detection equipment concerning this invention, the above-mentioned edge on-the-strength calculation means is searched for as an inner product of the direction of an edge which carried out [ above-mentioned ] presumption, the direction of an edge which is the vector which normalized beforehand the cosine of the angle which the above-mentioned gradient makes and which carried out [ above-mentioned ] presumption, and the above-mentioned gradient which normalized length to "1." Thereby still stronger directivity can be obtained and edge reinforcement can be computed by still smaller computational complexity. Therefore, a good edge image can be obtained still more easily.

[0098] Moreover, with the edge detection equipment concerning this invention, the above-mentioned edge on-the-strength calculation means computes edge reinforcement from the above-mentioned auxiliary information and the above-mentioned gradient using the information table of the edge reinforcement computed beforehand. Thereby, since calculation processing of edge reinforcement can be simplified, a good edge image can be obtained at a high speed.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram showing the configuration of the edge detection equipment concerning this invention.

[Drawing 2] It is the block diagram showing the configuration of the gradient count section of the above-mentioned edge detection equipment.

[Drawing 3] It is the block diagram showing the configuration of the edge on-the-strength count section of the above-mentioned edge detection equipment.

[Drawing 4] It is the flow chart which shows the edge detection processing in the above-mentioned edge detection equipment.

[Drawing 5] It is drawing for explaining the curve which gives the outline of an outline.

[Drawing 6] It is the graph which shows the relation between a direction selectivity index and edge reinforcement.

[Drawing 7] It is drawing for explaining the relation between an input image and an edge image on the strength.

[Drawing 8] It is drawing for explaining the case where it asks for edge reinforcement using a directive distribution function.

[Drawing 9] It is drawing for explaining block matching processing.

[Drawing 10] It is the abbreviation diagram showing the Sobel filter which detects the edge of the specific direction.

[Drawing 11] It is drawing for explaining the result at the time of performing edge detection of the image which has the difference in a color in the interior of a body using the conventional edge detection method.

[Drawing 12] It is drawing for explaining the result at the time of performing edge detection of the image which has the difference in a color in the interior of a body using the conventional edge detection method which uses the outline of an outline in which it is inputted by the operator.

[Drawing 13] It is the abbreviation diagram showing the Robinson 3 level filter group which detects the edge of the specific direction.

[Drawing 14] It is drawing for explaining a comparison directive [ in the conventional edge detection method ], and directive [ practically needed ].

[Description of Notations]

10 Edge Detection Equipment

11 Gradient Count Section

12 Spline Curve Generating Section

13 Parameter Coordinate Generation Section

14 Edge on-the-Strength Count Section

---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-329252

(43)公開日 平成8年(1996)12月13日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 T 9/20		9061-5H	G 0 6 F 15/70	3 3 5 Z
	5/20		15/68	4 0 5
H 0 4 N 1/409			H 0 4 N 1/40	1 0 1 D

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 14 頁)

(21)出願番号 特願平7-134418

(22)出願日 平成7年(1995)5月31日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 戸塚 卓志

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72)発明者 光永 知生

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72)発明者 横山 琢

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

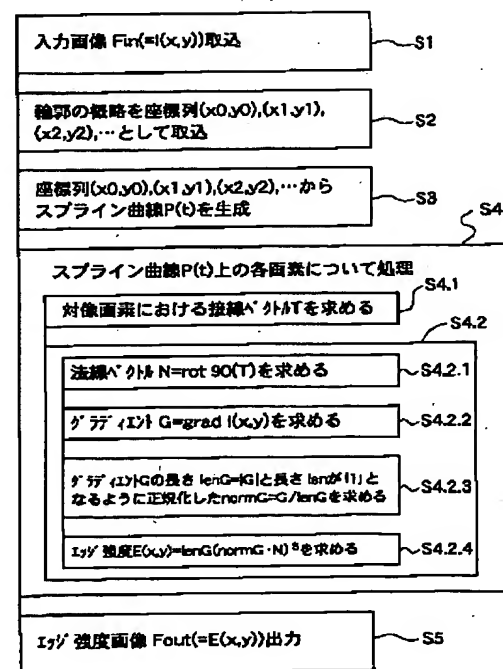
(74)代理人 弁理士 小池 晃 (外2名)

(54)【発明の名称】 エッジ検出方法及びエッジ検出装置

(57)【要約】

【目的】 不要なエッジの混入を防ぎ、エッジ検出精度を高めたエッジ検出方法を提供する。

【構成】 濃淡データで構成される入力画像データ  $F_{in}$  における各位置のエッジ方向  $T$  を推定する (ステップ S 4. 1)。また、各位置におけるグラディエント  $G$  を求める (ステップ S 4. 2. 2)。そして、推定したエッジ方向  $T$  とグラディエント  $G$  のなす角度のコサインを、推定したエッジ方向  $T$  と長さを「1」に正規化したグラディエント  $G$  の内積として求めてエッジ強度を算出し、画素値が周囲と比べて急峻に変化している画素群をエッジとして検出する (ステップ S 4. 2. 4)。



エッジ検出処理

(2)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 濃淡データで構成される入力画像データの中から、画素値が周囲と比べて急峻に変化している画素群をエッジとして検出するエッジ検出方法であって、入力画像データにおける各位置のエッジ方向を推定すると共に、各位置におけるグラディエントを求め、推定したエッジ方向の情報を補助情報とし、上記補助情報と上記グラディエントからエッジ強度を算出してエッジを検出することを特徴とするエッジ検出方法。

【請求項2】 上記推定したエッジ方向と上記グラディエントのなす角度のコサインを求めてエッジ強度を算出することを特徴とする請求項1記載のエッジ検出方法。

【請求項3】 上記推定したエッジ方向と上記グラディエントのなす角度 $\theta$ と、比例定数 $C$ と、上記グラディエントの大きさ $G$ と、指向性を決定する指数 $S$ を持って、エッジ強度 $E$ を

$$E = C |G| \cos S(\theta)$$

なる演算により算出することを特徴とする請求項1記載のエッジ検出方法。

【請求項4】 上記推定したエッジ方向と上記グラディエントのなす角度のコサインを、予め正規化したベクトルである上記推定したエッジ方向と、長さを「1」に正規化した上記グラディエントとの内積として求めることを特徴とする請求項1記載のエッジ検出方法。

【請求項5】 予め算出したエッジ強度の情報テーブルを用いて上記補助情報と上記グラディエントからエッジ強度を算出することを特徴とする請求項1記載のエッジ検出方法。

【請求項6】 濃淡データで構成される入力画像データの中から、画素値が周囲と比べて急峻に変化している画素群をエッジとして検出するエッジ検出装置であって、入力画像データにおける各位置のエッジ方向を推定し、その推定した方向の情報を補助情報とする推定手段と、入力画像データにおける各位置のグラディエントを求めるグラディエント算出手段と、上記推定手段で得られた補助情報と上記グラディエント算出手段で得られたグラディエントからエッジ強度を算出するエッジ強度算出手段と、上記エッジ強度算出手段で得られたエッジ強度からエッジを検出する検出手段とを備えることを特徴とするエッジ検出装置。

【請求項7】 上記エッジ強度算出手段は、上記推定したエッジ方向と上記グラディエントのなす角度のコサインを求めてエッジ強度を算出することを特徴とする請求項6記載のエッジ検出装置。

【請求項8】 上記エッジ強度算出手段は、上記推定したエッジ方向と上記グラディエントのなす角度 $\theta$ と、比例定数 $C$ と、上記グラディエントの大きさ $G$ と、指向性を決定する指数 $S$ を持って、エッジ強度 $E$ を

$$E = C |G| \cos S(\theta)$$

なる演算により算出することを特徴とする請求項6記載のエッジ検出装置。

【請求項9】 上記エッジ強度算出手段は、上記推定したエッジ方向と上記グラディエントのなす角度のコサインを、予め正規化したベクトルである上記推定したエッジ方向と、長さを「1」に正規化した上記グラディエントとの内積として求めることを特徴とする請求項6記載のエッジ検出装置。

【請求項10】 予め算出したエッジ強度の情報テーブルを備え、

上記エッジ強度算出手段は、上記情報テーブルを用いて上記補助情報と上記グラディエントからエッジ強度を算出することを特徴とする請求項6記載のエッジ検出装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、画像処理において基本的な役割を果たすエッジ検出方法及びエッジ検出装置に関するものであり、テレビジョンや映画等の映像制作における特殊効果処理、FA (Factory Automation) におけるカメラ画像からの部品認識等に適用して好適なエッジ検出方法及びエッジ検出装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】画像から任意の部分画像を切り出す作業は、映像の編集合成やコンピュータグラフィックス等におけるテクスチャ及び構造データの生成の基本操作である。この切り出しという操作では、エッジ検出、領域抽出、及び既知物体との対応付け等の処理を必要とする。特に、画像中の背景や対象物体が複雑になると、対象物体の輪郭を構成するエッジを正確に求め、追跡することが必要となる。

【0003】ここで、エッジ検出とは、濃淡画像内で画素値が急峻に変化している部分を見いだす処理である。通常、急峻な変化は、対象物体の輪郭で起きるため、エッジ検出の結果を基にして、対象物体の輪郭を画像から抽出することができる。したがって、エッジ検出は、画像からその中に存在する対象物体に関する情報を得るための最も基本的な処理として多方面で使用されている。特に、対象物体の輪郭の抽出は、例えば、画像に存在する対象物体の構成や位置等を計算機等によって判断する上での最も基本的な処理であり、エッジ検出の最も重要な用途である。

【0004】上述のようなエッジ検出の方法は、公知の多くの方法があるが、何れの方法も局所的な画素の値の変化を調べ、その変化が大きい部分をエッジとして検出するものである。代表的なエッジ検出方法として、空間フィルタとして微分フィルタを使用するものがある。この微分フィルタを用いるエッジ検出方法は、画素の値の変化が大きい部分では、微係数も大きな値になるという



(3)

3

原理に基いてエッジを検出する方法である。例えば、図 10 に示すような横 (X) 方向のソーベルフィルタは、横 (X) 方向の 1 次微分に相当する演算を行うものであり、このソーベルフィルタを用いた場合、縦 (Y) 方向のエッジが存在するところでは、ソーベルフィルタの出力が正又は負の大きな値となるため、縦 (Y) 方向のエッジを検出することができる。

【0005】 上述のようなソーベルフィルタの他にも、1 次又は 2 次の微分に相当する演算を行う多種の空間フィルタがエッジ検出用に用いられている。これらのエッジ検出方法については、例えば、代表的な教科書であるジャイン (Jain) 著「ファンダメンタルズ オブ デジタル イメージ プロセッシング (Fundamentals of Digital Image Processing)」及びプラット (Pratt) 著「デジタル イメージ プロセッシング (Digital Image Processing)」に詳しく紹介されている。

【0006】 また、上述のようなエッジ検出方法を用いて対象物体の輪郭を検出する方法もいろいろ試みられている。例えば、エッジ検出の結果から画素値の変化の度合い、すなわちエッジ強度が大きい部分を「1」、それ以外の部分を「0」とする 2 値画像を生成し、その 2 値画像を細線化することにより対象物体の輪郭を得る領域抽出方法が「特願平 5-233810 号」に開示されている。ここで、細線化とは、生成した 2 値画像から値「1」のピクセルを順に取り除いていき、通常は 1 ピクセル幅になるまで値「1」のピクセルを順に取り除いて 1 ピクセル幅の中心線を抽出するという公知の手順である。

【0007】 一方、空間フィルタを用いずに統計的な方法でエッジを検出する方法もある。例えば、注目している画素の近傍での画素値の分散、すなわち色相の分散を算出し、その値が大きいところを領域の境界として検出するエッジ検出方法及び装置が「特願平 5-181969 号」に開示されている。

【0008】 また、文献「カラーエッジ ディテクション ユージング ベクトル オーダスタティスティクス (Trahanias, P. E. et. al. "Color edge detection using vector order statistics", IEEE Transactions on image processing, Vol. 2, No. 2, p. 259-264, 1993)」では、画素値が各々他の画素値とどれだけ離れているかを表す尺度を基にエッジを検出する方法が述べられている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上述したような従来のエッジ検出方法では、画素値の急峻な変化がある部分を全て検出してしまうという問題があった。例え

4

ば、図 11 (a) に示すように、画像 100 の対象物体 110 において、対象物体 110 の内部に色の違いや背景と対象物体 110 の交差がある場合、従来のエッジ検出方法では、同図 (b) に示すように、物体内部の境界 112 をも検出されてしまい、同図 (c) に示すような本来求めたいエッジ 111 のみを得ることができなかった。

【0010】 通常、物体内部では、上記図 11 (a) に示したような色の違い、模様、影等様々な理由による画素値の急峻な変化が不可避である。また、通常は、背景にも様々な模様や色が存在する。これに対して従来のエッジ検出方法では、画素値の急峻な変化を一様に検出していたため、上述したような物体内部の境界や背景の模様等も誤ってエッジとして検出されてしまう可能性があった。

【0011】 そこで、上述のような問題を解決するために、画像の色情報、すなわち明度、彩度、及び色相に基いて明度に対して重み付け補正処理を施した後、重み付け補正処理が施された明度に基いてエッジを検出する自動切抜きシステムが「特願平 1-173177 号」に開示されている。この自動切抜きシステムは、輪郭付近の画素値の変化、例えば、明度の変化を強調するための重み付け補正処理により輪郭をより際立たせることにより、前景の物体や背景内の模様や色変化の誤った検出を減らしてエッジ検出を行うものである。

【0012】 しかし、上記自動切抜きシステムでは、輪郭上の個々の部分各々について最適な重み付け補正処理を行うことは考慮されていない。また、物体の輪郭に沿って模様や色等が一樣であることは、むしろ希である。このため、上記自動切抜きシステムによっても、本来求めたいエッジ以外のエッジの混入を防ぐことができなかった。

【0013】 また、画像のヒストグラムを用いて前景と背景の境界におけるコントラストが上がるように画素値の変換を行うことにより、境界付近のエッジを際立たせてエッジを検出するエッジ抽出装置が「特願平 1-76170 号」に開示されている。しかし、上記エッジ抽出装置によっても、敏感なエッジの検出には有効であるが、本来求めたいエッジ以外のエッジの混入を防ぐことができなかった。

【0014】 一方、エッジ検出を行う場所を画像上で限定することにより、不必要な場所でのエッジ検出を省き、輪郭以外の場所におけるエッジの混入を最小限にとどめる領域抽出装置が「特願平 3-176780 号」に開示されている。この領域抽出装置では、人手により対象物体の輪郭の概略を入力し、その輪郭概略内部でのみエッジ検出を行うことにより、余分なエッジの発生を防いでエッジ検出を行うものである。また、人手により対象物体の輪郭の概略を入力し、その輪郭概略の情報に基いてエッジ検出を境界付近でのみ行う構成としたソフト

(4)

5

キー生成装置が「特願平5-236347号」に開示されている。

【0015】しかし、上記領域抽出装置及び上記ソフトウェア生成装置では、単に誤ったエッジの検出が発生する領域を狭めるのみであり、輪郭以外のエッジの混入を防ぐことができなかった。例えば、図12(a)に示すように、画像200において、オペレータが入力した対象物体210の輪郭の概略220を用いてエッジ検出を行った場合、エッジ検出を行う範囲を制限してもその制限には限界があり、上記図12(b)に示すように、不要なエッジ221a, 221b, 221cが誤って検出されてしまっていた。

【0016】ここで、輪郭の概略220の精度を上げることにより、不要なエッジ221a, 221b, 221cの数や長さを次第に減少させることはできるが、このためには、輪郭の概略220を手で高精度に与える必要があり、これは大変困難な作業である。この問題を解決するために、オペレータがタブレットやマウス等の入力手段をゆっくり動かしている場合には、輪郭の概略の太さが細くなるように制御し、速く動かしている場合には、輪郭の概略の太さが太くなるように制御することにより、エッジ検出を行う範囲を制限してエッジを検出する画像編集装置が「特願平1-180674号」に開示されているが、これにおいても、不要なエッジの混入を防ぐことはできなかった。

【0017】上述のような問題を解決するために、例えば、エッジ方向を手で入力した概略の輪郭から推定し、推定したエッジ方向と合致するエッジのみを選択的に検出することにより、上述したような不要なエッジを大幅に除去してエッジの検出を行うエッジ検出方法がある。

【0018】上記エッジ検出方法では、図13の(a)～(d)に示すようなロビンソン(Robinson)の3レベル(3-level)と呼ばれるフィルタ群を用いることにより、特定の方向のエッジのみを検出する。上記図13の(a)～(d)に示したフィルタ群は、上記図10に示したソーベルフィルタを拡張したものであり、水平及び垂直以外の方向のエッジを検出するものである。例えば、上記図13の(a)に示したフィルタは、画像右側の画素値が大きく、画像左側の画素値が小さい場合に大きな値を出力するものである。すなわち、上記図13の(a)に示したフィルタは、+0°方向のエッジを検出するものである。また、上記図13の(b), (c), (d)に示した各フィルタは、各々、45°、90°、135°方向のエッジを検出するものである。

【0019】また、上記エッジ検出方法では、上記図13の(a)～(d)に示したフィルタ群以外に、上記フィルタ群が検出するエッジの方向以外の方向において、45°きざみでエッジを検出するフィルタ群が用いられ

6

る。したがって、上記エッジ検出方法では、全部で8方向のエッジを検出するためのフィルタが用いられる。

【0020】ここで、上記図13の(a)～(d)に示したロビンソンの3レベルのフィルタの他に、特定の方向のエッジを検出するフィルタとして、上述したプラット(Pratt)著「デジタル イメージ プロセッシング(Digital Image Processing)」に述べられているプレウイト(Prewitt)のコンパス(compass)フィルタやキルシュ(Kirsch)のフィルタ等がある。

【0021】しかし、上述したロビンソンの3レベルのフィルタ、プレウイトのコンパスフィルタ、及びキルシュのフィルタ等の特定の方向のエッジを検出するフィルタ(以下、方向選択的なフィルタと言う。)においては、方向選択性、すなわち指向性が弱いという欠点がある。

【0022】具体的に説明すると、例えば、エッジの本来の強度をK、検出したいエッジの方向と実際のエッジの方向のなす角度を $\theta$ とした場合、方向選択的なフィルタの出力、すなわちエッジ強度Eは、

$$E = K \cos \theta$$

なる関係式で与えられる。

【0023】この関係式は、不要なエッジの方向が本来検出したいエッジの方向と90°異ならない限り、不要なエッジのエッジ強度Eは「0」にならない、すなわち不要なエッジの混入を完全に除去することはできないことを示している。したがって、図14に示すように、方向選択的なフィルタにおける指向性Aに対して、実用上必要となる指向性Bは、さらに強いものである必要があるが、このような強い指向性を方向選択的なフィルタに持たせることができなかったため、不要なエッジの混入を防ぐことができなかった。

【0024】また、方向選択的なフィルタにおいて、エッジの検出方向を細かくしようとした場合、例えば、上述したような45°単位ではなく、15°単位でエッジの検出方向を細かくしようとした場合には、フィルタが大きくなってしまっていた。すなわち、フィルタの係数の正の部分と負の部分は、エッジの検出方向と直角に配置されなくてはならないが、エッジの検出方向が15°単位のように細かく指定されると、その検出方向の角度を表すためには、3×3程度の小さなフィルタでは不十分となり、フィルタが大きくなってしまっていた。このため、細かいエッジの検出能力が低下すると共に、多数のフィルタを用いなければ全方向のエッジに対応することができないという不便が生じてしまっていた。

【0025】そこで、本発明は、上述の如き従来の実情に鑑みてなされたものであり、次のような目的を有するものである。即ち、本発明の目的は、不要なエッジの混入を防ぎ、エッジ検出精度を高めたエッジ検出方法及びエッジ検出装置を提供することにある。

(5)

7

【0026】また、本発明の目的は、エッジ検出方向の指向性が高いエッジ検出方法及びエッジ検出装置を提供することにある。また、本発明の目的は、良好なエッジ画像を容易に得るエッジ検出方法及びエッジ検出装置を提供することにある。

【0027】また、本発明の目的は、良好なエッジ画像を高速に得るエッジ検出方法及びエッジ検出装置を提供することにある。

【0028】

【課題を解決するための手段】上述の課題を解決するために、本発明に係るエッジ検出方法は、濃淡データで構成される入力画像データの中から、画素値が周囲と比べて急峻に変化している画素群をエッジとして検出するエッジ検出方法であって、入力画像データにおける各位置のエッジ方向を推定すると共に、各位置におけるグラディエントを求め、推定したエッジ方向の情報を補助情報とし、上記補助情報と上記グラディエントからエッジ強度を算出してエッジを検出することを特徴とする。

【0029】また、本発明に係るエッジ検出方法は、上記推定したエッジ方向と上記グラディエントのなす角度のコサインを求めてエッジ強度を算出することを特徴とする。また、本発明に係るエッジ検出方法は、上記推定したエッジ方向と上記グラディエントのなす角度 $\theta$ と、比例定数 $C$ と、上記グラディエントの大きさ $G$ と、指向性を決定する指数 $S$ を持って、エッジ強度 $E$ を

$$E = C |G| \cos^S(\theta)$$

なる演算により算出することを特徴とする。

【0030】また、本発明に係るエッジ検出方法は、上記推定したエッジ方向と上記グラディエントのなす角度のコサインを、予め正規化したベクトルである上記推定したエッジ方向と、長さを「1」に正規化した上記グラディエントとの内積として求めることを特徴とする。

【0031】また、本発明に係るエッジ検出方法は、予め算出したエッジ強度の情報テーブルを用いて上記補助情報と上記グラディエントからエッジ強度を算出することを特徴とする。本発明に係るエッジ検出装置は、濃淡データで構成される入力画像データの中から、画素値が周囲と比べて急峻に変化している画素群をエッジとして検出するエッジ検出装置であって、入力画像データにおける各位置のエッジ方向を推定し、その推定した方向の情報を補助情報とする推定手段と、入力画像データにおける各位置のグラディエントを求めるグラディエント算出手段と、上記推定手段で得られた補助情報と上記グラディエント算出手段で得られたグラディエントからエッジ強度を算出するエッジ強度算出手段と、上記エッジ強度算出手段で得られたエッジ強度からエッジを検出する検出手段とを備えることを特徴とする。

【0032】また、本発明に係るエッジ検出装置は、上記エッジ強度算出手段は、上記推定したエッジ方向と上記グラディエントのなす角度のコサインを求めてエッジ

8

強度を算出することを特徴とする。また、本発明に係るエッジ検出装置は、上記エッジ強度算出手段は、上記推定したエッジ方向と上記グラディエントのなす角度 $\theta$ と、比例定数 $C$ と、上記グラディエントの大きさ $G$ と、指向性を決定する指数 $S$ を持って、エッジ強度 $E$ を

$$E = C |G| \cos^S(\theta)$$

なる演算により算出することを特徴とする。

【0033】また、本発明に係るエッジ検出装置は、上記エッジ強度算出手段は、上記推定したエッジ方向と上記グラディエントのなす角度のコサインを、予め正規化したベクトルである上記推定したエッジ方向と、長さを「1」に正規化した上記グラディエントとの内積として求めることを特徴とする。

【0034】また、本発明に係るエッジ検出装置は、予め算出したエッジ強度の情報テーブルを備え、上記エッジ強度算出手段は、上記情報テーブルを用いて上記補助情報と上記グラディエントからエッジ強度を算出することを特徴とする。

【0035】

【作用】本発明に係るエッジ検出方法では、濃淡データで構成される入力画像データにおける各位置のエッジ方向を推定する。また、各位置におけるグラディエントを求める。そして、推定したエッジ方向の情報を補助情報とし、上記補助情報と上記グラディエントからエッジ強度を算出して、画素値が周囲と比べて急峻に変化している画素群をエッジとして検出する。

【0036】また、本発明に係るエッジ検出方法では、上記推定したエッジ方向と上記グラディエントのなす角度のコサインを求めてエッジ強度を算出する。また、本発明に係るエッジ検出方法では、上記推定したエッジ方向と上記グラディエントのなす角度 $\theta$ と、比例定数 $C$ と、上記グラディエントの大きさ $G$ と、指向性を決定する指数 $S$ を持って、エッジ強度 $E$ を

$$E = C |G| \cos^S(\theta)$$

なる演算により算出する。

【0037】また、本発明に係るエッジ検出方法では、上記推定したエッジ方向と上記グラディエントのなす角度のコサインを、予め正規化したベクトルである上記推定したエッジ方向と、長さを「1」に正規化した上記グラディエントとの内積として求める。

【0038】また、本発明に係るエッジ検出方法では、予め算出したエッジ強度の情報テーブルを用いて、上記補助情報と上記グラディエントからエッジ強度を算出する。本発明に係るエッジ検出装置では、推定手段は、濃淡データで構成される入力画像データにおける各位置のエッジ方向を推定し、その推定した方向の情報を補助情報とする。グラディエント算出手段は、入力画像データにおける各位置のグラディエントを求める。エッジ強度算出手段は、上記推定手段で得られた補助情報と上記グラディエント算出手段で得られたグラディエントからエ

(6)

9

ッジ強度を算出する。検出手段は、上記エッジ強度算出手段で得られたエッジ強度から、画素値が周囲と比べて急峻に変化している画素群をエッジとして検出する。

【0039】また、本発明に係るエッジ検出装置では、上記エッジ強度算出手段は、上記推定したエッジ方向と上記グラディエントのなす角度のコサインを求めてエッジ強度を算出する。また、本発明に係るエッジ検出装置では、上記エッジ強度算出手段は、上記推定したエッジ方向と上記グラディエントのなす角度 $\theta$ と、比例定数Cと、上記グラディエントの大きさGと、指向性を決定する指数Sを持って、エッジ強度Eを

$$E = C |G| \cos S(\theta)$$

なる演算により算出する。

【0040】また、本発明に係るエッジ検出装置では、上記エッジ強度算出手段は、上記推定したエッジ方向と上記グラディエントのなす角度のコサインを、予め正規化したベクトルである上記推定したエッジ方向と、長さを「1」に正規化した上記グラディエントとの内積として求める。

【0041】また、本発明に係るエッジ検出装置では、上記エッジ強度算出手段は、予め算出したエッジ強度の情報テーブルを用いて上記補助情報と上記グラディエントからエッジ強度を算出する。

#### 【0042】

【実施例】以下、本発明の一実施例について図面を参照しながら説明する。本発明に係るエッジ検出方法は、例えば、図1に示すようなエッジ検出装置10により実施される。また、エッジ検出装置10は、本発明に係るエッジ検出装置を適用したものである。

【0043】すなわち、エッジ検出装置10は、上記図1に示すように、入力画像 $F_{in}$ が供給されるグラディエント計算部11と、輪郭の概略Pが供給されるスプライン曲線発生部12と、助変数 $t$ をスプライン曲線発生部12に対して発生するパラメータ座標生成部13と、グラディエント計算部11からの出力とスプライン曲線発生部12からの出力からエッジ強度Eを算出するエッジ強度計算部14とを備えている。また、スプライン曲線発生部12からの出力は、グラディエント計算部11にも供給されるようになされている。

【0044】また、グラディエント計算部11は、図2に示すように、入力画像 $F_{in}$ が各々供給されるフィルタ演算器111とフィルタ演算器112を備えている。フィルタ演算器111は、X方向のソーベルフィルタ $S_X$ を入力画像 $F_{in}$ に対して施すものであり、フィルタ演算器112は、Y方向のソーベルフィルタ $S_Y$ を入力画像 $F_{in}$ に対して施すものである。このようなフィルタ演算器111及びフィルタ演算器112からの各出力は、エッジ強度計算部14に供給されるようになされている。

【0045】また、エッジ強度計算部14には、予め設定されている方向選択指数 $s$ が供給されるようになされ

10

ており、エッジ強度計算部14は、図3に示すように、グラディエント計算部11からの出力を用いて参照するグラディエントテーブル $T_G$ と、スプライン曲線発生部12からの出力が供給される座標回転部412と、グラディエントテーブル $T_G$ で得られた結果と座標回転部412からの出力が供給される内積計算部141と、供給された方向選択指数 $s$ と内部演算部141からの出力を用いて参照するコサインテーブル $T_C$ と、コサインテーブル $T_C$ で得られた結果とグラディエントテーブル $T_G$ で得られた結果からエッジ強度Eを算出する乗算器143とを備えている。

【0046】ここで、図4は、エッジ検出装置10におけるエッジ検出処理を示すフローチャートである。以下、上記図1～図3及び図4を用いて具体的に説明する。エッジ検出装置10には、濃淡データで構成された入力画像 $F_{in}$ が入力される。一方、エッジ検出装置10には、例えば、オペレータが図示していないディスプレイ上に表示されている入力画像 $F_{in}$ をみながらタブレットを使用することにより、輪郭の概略Pが入力される。

【0047】グラディエント計算部11は、入力画像 $F_{in}$ を取り込む(ステップS1)。尚、グラディエント計算部11における詳細な説明は後述する。一方、スプライン曲線発生部12は、上述したようなオペレータの入力による輪郭の概略Pを座標列 $(x_0, y_0)$ ,  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ , ...として順次取り込む(ステップS2)。そして、スプライン曲線発生部12は、順次取り込んだ座標列 $(x_0, y_0)$ ,  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ , ...を通るような滑らかな曲線 $P(t)$ を生成する(ステップS3)。

【0048】具体的に説明すると、まず、曲線 $P(t)$ は、3次スプライン形式で表現される。すなわち、曲線 $P(t)$ は、助変数 $t$ 、助変数 $t$ の3次多項式 $x(t)$ ,  $y(t)$ を持って、

$$P(t) = (x(t), y(t))$$

なる式で表現される。そして、助変数 $t$ が「0」～「1」まで変化する時、その軌跡である曲線 $P(t)$ 、すなわちスプライン曲線 $P(t)$ は、座標列 $(x_0, y_0)$ ,  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ , ...を滑らかに接続して輪郭を一周することとなる。このようなスプライン曲線は、CADをはじめとする広い分野で使用されている。

【0049】そこで、スプライン曲線発生部12は、スプライン曲線 $P(t)$ が座標列 $(x_0, y_0)$ ,  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ , ...を滑らかに接続するように、3次多項式 $x(t)$ ,  $y(t)$ の係数を順次取り込んだ座標列 $(x_0, y_0)$ ,  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ , ... (以下、座標列 $(x_n, y_n)$ )と言う。)に基いて決定する。この係数の決定方法は、例えば、代表的な文献であるファーリン(Farin)著の「カーブス アンド サーフェシズ フォーコンピ

(7)

11

ユータ エイディッド ジェオメトリック デザイン (Curves and surfaces for computer aided geometric design) に述べられている係数の決定方法を適用する。この係数の決定方法は、点群を与えられた時、その点群を通過するような係数の決定方法であり、公知のものである。

【0050】例えば、入力画像 $F_{in}$ が図5(a)に示すような画像250であった場合、すなわち画像250の中心付近に円形の物体260が存在する場合、スプライン曲線発生部12は、円形の物体260の周囲に沿ってオペレータが指定した概略の輪郭上の点群 $271_{xy}$ を座標列 $(x_n, y_n)$ として取り込む。そして、スプライン曲線発生部12は、点群 $271_{xy}$ を補間する曲線270が点群 $271_{xy}$ を通過するような係数を決定して、スプライン曲線 $P(t)$ を生成する。

【0051】上述のようにしてスプライン曲線発生部12により生成されたスプライン曲線 $P(t)$ は、グラディエント計算部11に供給される。また、スプライン曲線発生部12は、生成したスプライン曲線 $P(t)$ を輪郭の概略として用い、スプライン曲線 $P(t)$ 上の各画素について以下の処理を行う(ステップS4)。この時、パラメータ座標生成部13は、曲線 $P(t)$ の助変数 $t$ を「0」～「1」まで小さな刻み幅で変化させてスプライン曲線発生部12に対して発生する。

【0052】尚、以下に述べるステップS4の処理は、パラメータ座標生成部13からの少しずつ変化した助変数 $t$ により、スプライン曲線 $P(t)$ 上の各画素を順にたどっていき、各画素 $(x, y)$ について繰り返すループ処理である。まず、スプライン曲線発生部12は、パラメータ座標生成部13からの助変数 $t$ を上述した「 $P(t) = (x(t), y(t))$ 」の式に代入することにより、対象画素のX座標及びY座標(以下、対象画素 $(x, y)$ と言う。)を求める。そして、スプライン曲線発生部12は、求めた対象画素 $(x, y)$ をグラディエント計算部11に供給する。

【0053】また、スプライン曲線発生部12は、上記図5(b)に示すように、求めた対象画素 $(x, y)$ におけるスプライン曲線 $P(t)$ の接線方向を求める。この接線方向を対象画素 $(x, y)$ における輪郭のおよその方向として使用する。すなわち、接線方向は、スプライン曲線 $P(t)$ を微分して得られる速度ベクトル $V(t)$ の方向と等しいため、この速度ベクトル $V(t)$ を接線方向として、

$$V(t) = d/dt P(t)$$

なる式で求める。そして、求めた速度ベクトル $V(t)$ の長さを「1」に正規化し、接線ベクトル $T$ を、

$$T = V(t) / |V(t)|$$

なる式で求め(ステップS4.1)、求めた接線ベクトル $T$ をエッジ強度計算部14に供給する。

12

【0054】次に、上述のようにしてスプライン曲線発生部12で得られた接線ベクトル $T$ を補助情報とし、その補助情報を用いて以下に述べるエッジ検出処理を行う(ステップS4.2)。まず、エッジ強度計算部14は、スプライン曲線発生部12からの接線ベクトル $T$ を $90^\circ$ 回転させた法線ベクトル $N$ を求める(ステップS4.2.1)。この回転は、スプライン曲線 $P(t)$ の軌跡の進行方向に対して反時計回りを正の向きとする。

【0055】すなわち、エッジ強度計算部14において、上記図3に示すように、座標回転部142は、スプライン曲線発生部12からの接線ベクトル $T$ を反時計回りに回転した法線ベクトル $N$ に変換する。この座標回転部142における処理は、1倍及び-1倍の係数をかけるのみのごく簡単なものである。

【0056】上述のような法線ベクトル $N$ を求める処理を演算式を用いて表すと、法線ベクトル $N$ は、数1に示す行列 $R$ を用いて、

【0057】

【数1】

$$R = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

【0058】 $N = RT$ 

となる。このようにして求められた法線ベクトル $N$ は、スプライン曲線 $P(t)$ の法線ベクトルであるため、エッジの向きと推定した輪郭の方向が平行であるならば、各々に垂直な後述するグラディエントとスプライン曲線 $P(t)$ の法線ベクトル $N$ も平行となる。

【0059】次に、上述したグラディエント計算部11は、スプライン曲線発生部12からの対象画素 $(x, y)$ の近傍 $3 \times 3$ 画素の領域について、ステップS1の処理において取り込んだ入力画像 $F_{in}$ の画素値 $I(x, y)$ を読み込み、対象画素 $(x, y)$ における画像の勾配(以下、グラディエントと言う。)  $G$ を求める。

【0060】すなわち、グラディエント計算部11において、上記図2に示すように、フィルタ演算器111は、読み込んだ入力画像 $F_{in}$ の画素値 $I(x, y)$ に対してX方向のソーベルフィルタ $S_x$ を施す。また、フィルタ演算器112は、読み込んだ入力画像 $F_{in}$ の画素値 $I(x, y)$ に対してY方向のソーベルフィルタ $S_y$ を施す。そして、グラディエント計算部11は、フィルタ演算器111及びフィルタ演算器112の出力 $D_x, D_y$ を組み合わせて、対象画素 $(x, y)$ における画像のグラディエント $G(= (D_x, D_y))$ としてエッジ強度計算部14に供給する(ステップS4.2.2)。

【0061】上述のようにして得られたグラディエント $G$ は、画像の濃淡を標高としてとらえた場合に、傾斜が最大の方

50

(8)

13

なものである。すなわち、グラディエントGは、入力画像F<sub>in</sub>の画素値I(x, y)に対して、

$$G = \text{grad} I(x, y) = (D_x, D_y)$$

なる式で表すことができる。

【0062】次に、エッジ強度計算部14は、グラディエント計算部11で得られたグラディエントGの長さlenGと、グラディエントGの長さlenGが「1」となるように正規化したnormGとを求める(ステップS4. 2. 3)。ここで、エッジ強度計算部14は、上記図3に示すように、グラディエントテーブルT<sub>G</sub>を備えている。このグラディエントテーブルT<sub>G</sub>には、グラディエントGの長さlenGと、それを正規化したnormGとが【数2】に示す演算式を用いて予め計算された結果が格納されている。

【0063】

【数2】

$$\text{len}G = \sqrt{D_x^2 + D_y^2}$$

$$\text{norm}G = G / \text{len}G$$

【0064】具体的に説明すると、グラディエントテーブルT<sub>G</sub>は、グラディエント計算部11で得られたグラディエントG(= (D<sub>x</sub>, D<sub>y</sub>))を入力とし、グラディエントGの長さlenGと、それを正規化したnormGとを出力とするテーブルである。また、画素値の精度は、通常8ビットであり、X方向の出力D<sub>x</sub>及びY方向の出力D<sub>y</sub>も同じ精度が使用されるため、グラディエントテーブルT<sub>G</sub>には、X方向の出力D<sub>x</sub>とY方向の出力D<sub>y</sub>の合わせて16ビットが入力されるようになされている。このため、任意のX方向の出力D<sub>x</sub>とY方向の出力D<sub>y</sub>の組み合わせに対して、グラディエントテーブルT<sub>G</sub>の1要素が割り当てられる。したがって、グラディエントテーブルT<sub>G</sub>の各要素に各々、グラディエントGの長さlenGの値と、それを正規化したnormGの値とが格納されている。このようなグラディエントテーブルT<sub>G</sub>を用いることにより、平方根等の複雑な計算を行うこと無しに、容易に結果を得ることができる。また、グラディエントテーブルT<sub>G</sub>への入力は、16ビットとしているため、テーブルサイズ、すなわち要素の数は、「65536」であり、現在の計算機に十分適用することができる。

【0065】上述のようなグラディエントテーブルT<sub>G</sub>により、グラディエント計算部11で得られたグラディエントG(= (D<sub>x</sub>, D<sub>y</sub>))のグラディエントGの長さlenGと、それを正規化したnormGが求められる。そして、求められたグラディエントGの長さlenGを正規化したnormGは、内積計算部141に供給されると共に、グラディエントGの長さlenGは、乗

14

算器143に供給される。

【0066】最後に、エッジ強度計算部14は、対象画素(x, y)における輪郭のエッジ強度E(x, y)を上述のようにして求めた法線ベクトルN、グラディエントテーブルT<sub>G</sub>からのグラディエントGの長さlenG、それを正規化したnormG、及び方向選択指数sを持って、

$$E(x, y) = \text{len}G (\text{norm}G \cdot N)^S$$

なる式により求める。

【0067】すなわち、エッジ強度計算部14において、上記図3に示すように、先ず、内積計算部141は、法線ベクトルNと、グラディエントGの長さlenGを正規化したnormGとの内積「normG・N」を、乗算により求める。この結果がグラディエントGと法線ベクトルNのなす角度θのコサイン「cosθ」となる。

【0068】次に、コサインテーブルT<sub>C</sub>を用いて、供給される方向選択指数sにより、cos<sup>S</sup>θ

を求める。このコサインテーブルT<sub>C</sub>は、内積計算部141で得られたコサイン「cosθ」を入力とし、コサイン「cosθ」のS乗を出力とするテーブルであり、コサインテーブルT<sub>C</sub>から出力されるコサイン「cosθ」のS乗(=cos<sup>S</sup>θ)は、乗算器143に供給される。ここで、本実施例では、方向選択指数sは、予め設定されている固定値としているため、コサインテーブルT<sub>C</sub>への入力は、内積計算部141で得られた内積の結果であり、コサインテーブルT<sub>C</sub>は、入力が8ビット程度の小さなテーブルである。このようなコサインテーブルT<sub>C</sub>を用いることにより、複雑な計算を行うこと無しに、コサインのS乗「cos<sup>S</sup>θ」を容易に求めることができる。

【0069】そして、最後に、乗算器143は、グラディエントテーブルT<sub>G</sub>からのグラディエントGの長さlenGと、コサインテーブルT<sub>C</sub>からのコサインのS乗「cos<sup>S</sup>θ」とを掛け合わせ、掛け合わせた結果をエッジ強度Eとして出力する。ここで、エッジ強度計算部14に供給される方向選択指数sは、どの程度選択的に特定方向のエッジにだけ反応するかを決定する指数である。この方向選択指数sは、値が大きければその分指向性が強くなるため、不要なエッジの混入をより強く阻止することができるが、所望の方向、すなわち推定したエッジ方向と実際のエッジ方向が少しでもずれていた場合には、エッジ強度の減衰を引き起こす。そこで、方向選択指数sは、通常2〜8の間の値が設定されている。

【0070】例えば、図6に示すように、方向選択指数sが大きくなると、グラディエントGと法線ベクトルNが同じ方向、すなわち内積「normG・N」の値が「1」に近い場合のみ、エッジ強度E(x, y)が大きい値となる。すなわち、高い指向性が得られる。また、



(10)

17

める。

【0080】また、上述した実施例では、輪郭の概略を3次スプライン形式で表現されるスプライン曲線P

(t)としたが、異なる次数のスプライン形式で表現されるものとしてもよい。また、助変数tを用いずに、インプリサイトフォーム(implicit form)形式で表現される曲線

$$Q(x, y) = 0$$

としてもよい。

【0081】また、オペレータが描画した概略の輪郭線の画像を細線化し、隣接する画素の位置関係からエッジの方向を推定してもよい。この場合には、上記図4に示したステップS3において、概略の輪郭線の画像を細線化し、上記図4に示したステップS4.1において、細線化した画像中の対象画素に隣接する複数の画素の並びからその位置における輪郭の方向を求めるようにする。

【0082】また、上記図4に示したステップS4において、特定の方向のエッジに選択的に反応するような複数のフィルタ、例えば、コンパスオペレータ(compass operator)を用いて、エッジの推定した方向を基にしてその方向に対する検出能力の最も高いフィルタを上記複数のフィルタから選択してエッジ強度を求めるようにしてもよい。

【0083】また、上述した実施例では、輪郭の概略を表す情報がオペレータにより入力されるものとしたが、複数枚の時間的に連続する画像、すなわち動画像から連続的にエッジを検出することとしてもよい。この場合には、上記図4に示したフローチャートのステップS2の処理において、概略の輪郭を座標列( $x_n, y_n$ )として取り込むのではなく、現在の処理対象の画像に対して直前の画像、直前の画像から得られたエッジ検出の結果、及び現在の処理対象の画像の3つの情報から現在の処理対象の画像における輪郭を推定する。

【0084】すなわち、図9に示すように、先ず、現在の処理対象の画像F<sub>C</sub>の直前の画像F<sub>P</sub>に対するエッジ検出処理の結果得られたエッジ30上に一定間隔で画素(以下、マークと言う)31<sub>1</sub>, 31<sub>2</sub>, 31<sub>3</sub>, ...を結ぶ。次に、各マーク31<sub>1</sub>, 31<sub>2</sub>, 31<sub>3</sub>, ...に対して、各々マークを含む小ブロックを定める。例えば、マーク31<sub>1</sub>に対しては、マーク31<sub>1</sub>を含む小ブロック32を定める。このようにして定めた小ブロック内のデータと最も相関が高い部分を現在の処理対象の画像F<sub>C</sub>中からブロックマッチング処理により検出する。

【0085】このブロックマッチング処理においては、先ず、例えば、小ブロック32内の画素値と、現在の処理対象の画像F<sub>C</sub>中の同じ大きさのブロック内の画素値とを比較し、その差の総和の大小により相関の高さを決定することにより、最も相関が高いブロック33を検出する。この時、ブロック33における画素34が小ブロック32のマーク31<sub>1</sub>に対応する画素となる。マーク

18

31<sub>1</sub>以外のマーク31<sub>2</sub>, 31<sub>3</sub>, ...に対しても同様にして、対応する画素を現在の処理対象の画像F<sub>C</sub>中から検出する。

【0086】したがって、上記図4に示したフローチャートのステップS3の処理において、上述のようにして得られた一連の対応する画素の座標列を用いて、スプライン曲線P(t)を生成する。上述のように、現在の処理対象の画像と直前の画像からブロックマッチング処理により連続的に輪郭を抽出し、その輪郭を用いてエッジ検出を行うことにより、動画像に対してオペレータの介在なく自動的にエッジを検出することができる。また、この場合、ブロックマッチング処理に用いる画像を現在の処理対象の画像と直前の画像のみではなく、画像の枚数を増やしてブロックマッチング処理を行ってもよい。これにより、ブロックの移動量の算出精度を高めることができるため、より正確にエッジを検出することができる。

【0087】また、時間的に離れた複数の画像において、上記図4に示したフローチャートのステップS2の処理にキーフレーム法を適用してもよい。すなわち、複数の画像についてオペレータが形状の指示を与え、中間の画像については計算機が補間によりオペレータの代替を行う手法を適用してもよい。この場合には、上記ステップS2の処理において、概略の輪郭をオペレータが設定し、中間の画像群については、概略の輪郭上の点群を補間し、自動的にその画像におけるスプライン曲線を生成する。

【0088】上述のように複数枚の画像と過去のエッジ検出の結果を基にして現在の処理対象の画像におけるエッジを検出することにより、フレーム間の相関を用いてさらに精度良くエッジ方向又は色の変化の情報である補助情報を求めることができる。したがって、エッジ検出精度をさらに高めることができ、動画像におけるエッジ検出を手間をかけずに行うことができる。

【0089】

【発明の効果】本発明に係るエッジ検出方法では、濃淡データで構成される入力画像データにおける各位置のエッジ方向を推定する。また、各位置におけるグラディエントを求める。そして、推定したエッジ方向の情報を補助情報とし、上記補助情報と上記グラディエントからエッジ強度を算出して、画素値が周囲と比べて急峻に変化している画素群をエッジとして検出する。これにより、エッジ検出において強い指向性を得ることができ、不要なエッジが混入すること無く、対象物体の輪郭を構成するエッジのみを検出することができる。したがって、エッジ検出精度を高めることができる。

【0090】また、本発明に係るエッジ検出方法では、上記推定したエッジ方向と上記グラディエントのなす角度のコサインを求めてエッジ強度を算出する。これにより、少ない計算量でエッジ強度を算出することができ

(9)

15

方向選択指数  $s$  を「1」とした場合には、上述したロビンソンの3レベルのフィルタ、プレウイトのコンパスフィルタ、及びギルシュのフィルタにおける指向性と同じ指向性が得られる。

【0071】上述のようなステップS4の処理を概略の輪郭を与えるスプライン曲線  $P(t)$  上の各画素  $(x, y)$  に対して行う。したがって、エッジ強度計算部14からは、図7に示すように、入力画像  $F_{in}$  から得られたエッジ強度画像  $F_{out}$  が出力される（ステップS5）。上述のように、本実施例では、エッジ強度  $E$  を求める処理において、グラディエント  $G$  と法線ベクトル  $N$  のなす角度を直接求めずに、内積の計算により直接コサイン「 $\cos \theta$ 」を求めているため、3角関数の計算等の複雑な処理を行う必要が無い。すなわち、グラディエント  $G$  と法線ベクトル  $N$  のなす角度の大きさと対応する量が、乗算2回と加算1回のみのはるかに少ない計算量で算出することができる。

【0072】また、従来のエッジ検出方法及びエッジ検出装置では、上記図12の(b)に示した前景物体内の色の差や背景物体の交差による不要なエッジ221a～221cの混入が不可避であり、例えば、推定したエッジ方向から45°ずれた方向のエッジの強度は29%の減衰、60°ずれた方向のエッジの強度は50%の減衰しか得られないのに対して、本実施例によると、上記図6に示すように、方向選択指数  $s$  を「4」とした場合、推定したエッジ方向から45°ずれた方向のエッジの強度は75%の減衰、60°ずれた方向のエッジの強度は94%の減衰を得ることができる。また、上述のような前景内の色変化や背景によって生じるうるエッジ221a～221cの方向は、対象物体の輪郭の方向とは大きく異なる角度となるため、上述したような強い指向性を用いることにより、不要なエッジの混入をほぼ完全に除去することができる。

【0073】また、概略の輪郭の方向の推定値である接線ベクトル  $T$ 、及び入力画像  $F_{in}$  のグラディエント  $G$  を輪郭上の各画素毎に求めるため、輪郭上の各点において輪郭に沿ったエッジを選択的に検出することができる。例えば、上記図5(a)に示した画像250において、円形の物体260内の色の違いがある箇所A、Bでは、法線ベクトル  $N$  は、曲線270に垂直な方向となり、円形の物体260内の色の違いにより生じる水平な線上では、グラディエント  $G$  は、上記水平な線に対して垂直方向となる。このため、上記法線ベクトル  $N$  と上記グラディエント  $G$  の角度差は、90°となり、上記図6に示すように、エッジ強度  $E$  は、「0」となる。すなわち、円形の物体260内のエッジは、検出されない。一方、輪郭を表すエッジは、曲線270に沿うため、箇所A、Bにおけるグラディエント  $G$  は、水平方向となる。これは法線ベクトル  $N$  と同じ方向であり、このため、輪郭を表すエッジは、強く検出される。したがって、上記図12

16

(b)に示したような不要なエッジ221a, 221b, 221cを混入することなく、本来求めたいエッジのみを検出することができる。

【0074】また、エッジ強度計算部14に対してエッジの方向を推定した情報である接線ベクトル  $T$  を補助情報として与え、エッジ強度計算部14を特定の方向に強く反応するものとするにより、不要なエッジが混入することなく必要なエッジのみを高い  $S/N$  比で検出することができる。

【0075】また、オペレータにより入力された輪郭の概略から各位置での対象物体のエッジの方向を算出できるため、オペレータの作業量を増やすことなく、手間をかけずに必要なエッジのみを検出することができる。尚、上述した実施例では、方向選択指数  $s$  の設定値を2～8の間の値としたが、エッジの推定方向の精度をさらに高くし、方向選択指数  $s$  にさらに大きな値を設定してもよい。これにより、指向性をさらに強めることができる。

【0076】また、方向選択指数  $s$  の値を外部から入力することにより、状況に応じて方向選択指数  $s$  の値を変化させてもよい。通常、方向選択指数  $s$  の値は、数通り選択できれば十分であるため、方向選択指数  $s$  を入力とするコサインテーブル  $T_C$  追加ビット数は、4ビット程度でよい。また、方向選択指数  $s$  の値を整数に限定して、計算機が乗算の繰り返しとして冪乗を計算してもよい。

【0077】また、上述した実施例では、コサイン「 $\cos \theta$ 」の冪乗を使用してエッジ強度を求めることとしたが、上記図3に示した内積演算部141の出力を  $I$ 、指向性の分布関数を  $f(\theta)$  として、 $f(\cos^{-1} I P)$

を計算し、その結果を使用してエッジ強度を求めてもよい。これにより、例えば、図8に示すように、推定したエッジ方向と実際のエッジ方向のなす角度  $\theta$  がしきい値  $K$  以下の場合には、エッジ強度を減衰させず、しきい値  $K$  を超えた場合には、エッジ強度を急峻に減衰させる指向性を得ることができる。

【0078】具体的に説明すると、まず、所望の分布形状を定義し、上記図8に示したグラフの横軸の値をコサインに変換する。次に、コサインの値各々に対する減衰率、すなわち「 $f(\cos^{-1} I P)$ 」の計算結果をテーブルに格納する。このテーブルを上述した実施例で用いたコサインテーブル  $T_C$  の代わりに使用する。したがって、分布関数  $f(\theta)$  を使用してエッジ強度を求めることができる。

【0079】また、分布関数  $f(\theta)$  が方向選択指数  $s$  をも変数として持つこととしてもよい。すなわち、分布関数  $f(\theta s)$  を使用してエッジ強度を求めてもよい。この場合には、方向選択指数  $s$  をも上記テーブルの入力とし、方向選択指数  $s$  を変化させながらエッジ強度を求



(11)

19

る。したがって、良好なエッジ画像を容易に得ることができる。

【0091】また、本発明に係るエッジ検出方法では、上記推定したエッジ方向と上記グラディエントのなす角度 $\theta$ と、比例定数 $C$ と、上記グラディエントの大きさ $G$ と、指向性を決定する指数 $S$ を持って、エッジ強度 $E$ を $E = C |G| \cos^S(\theta)$

なる演算により算出する。これにより、少ない計算量でエッジ強度を算出することができる。したがって、良好なエッジ画像を容易に得ることができる。

【0092】また、本発明に係るエッジ検出方法では、上記推定したエッジ方向と上記グラディエントのなす角度のコサインを、予め正規化したベクトルである上記推定したエッジ方向と、長さを「1」に正規化した上記グラディエントとの内積として求める。これにより、さらに強い指向性を得ることができ、さらに少ない計算量でエッジ強度を算出することができる。したがって、良好なエッジ画像をさらに容易に得ることができる。

【0093】また、本発明に係るエッジ検出方法では、予め算出したエッジ強度の情報テーブルを用いて、上記補助情報と上記グラディエントからエッジ強度を算出する。これにより、エッジ強度の算出処理を簡単に行うことができるため、良好なエッジ画像を高速に得ることができる。

【0094】本発明に係るエッジ検出装置では、推定手段は、濃淡データで構成される入力画像データにおける各位置のエッジ方向を推定し、その推定した方向の情報を補助情報とする。グラディエント算出手段は、入力画像データにおける各位置のグラディエントを求める。エッジ強度算出手段は、上記推定手段で得られた補助情報と上記グラディエント算出手段で得られたグラディエントからエッジ強度を算出する。検出手段は、上記エッジ強度算出手段で得られたエッジ強度から、画素値が周囲と比べて急峻に変化している画素群をエッジとして検出する。これにより、エッジ検出において強い指向性を得ることができ、不要なエッジが混入すること無く、対象物体の輪郭を構成するエッジのみを検出することができる。したがって、エッジ検出精度を高めることができる。

【0095】また、本発明に係るエッジ検出装置では、上記エッジ強度算出手段は、上記推定したエッジ方向と上記グラディエントのなす角度のコサインを求めてエッジ強度を算出する。これにより、少ない計算量でエッジ強度を算出することができる。したがって、良好なエッジ画像を容易に得ることができる。

【0096】また、本発明に係るエッジ検出装置では、上記エッジ強度算出手段は、上記推定したエッジ方向と上記グラディエントのなす角度 $\theta$ と、比例定数 $C$ と、上記グラディエントの大きさ $G$ と、指向性を決定する指数 $S$ を持って、エッジ強度 $E$ を

20

$$E = C |G| \cos^S(\theta)$$

なる演算により算出する。これにより、少ない計算量でエッジ強度を算出することができる。したがって、良好なエッジ画像を容易に得ることができる。

【0097】また、本発明に係るエッジ検出装置では、上記エッジ強度算出手段は、上記推定したエッジ方向と上記グラディエントのなす角度のコサインを、予め正規化したベクトルである上記推定したエッジ方向と、長さを「1」に正規化した上記グラディエントとの内積として求める。これにより、さらに強い指向性を得ることができ、さらに少ない計算量でエッジ強度を算出することができる。したがって、良好なエッジ画像をさらに容易に得ることができる。

【0098】また、本発明に係るエッジ検出装置では、上記エッジ強度算出手段は、予め算出したエッジ強度の情報テーブルを用いて上記補助情報と上記グラディエントからエッジ強度を算出する。これにより、エッジ強度の算出処理を簡単に行うことができるため、良好なエッジ画像を高速に得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るエッジ検出装置の構成を示すブロック図である。

【図2】上記エッジ検出装置のグラディエント計算部の構成を示すブロック図である。

【図3】上記エッジ検出装置のエッジ強度計算部の構成を示すブロック図である。

【図4】上記エッジ検出装置におけるエッジ検出処理を示すフローチャートである。

【図5】概略の輪郭を与える曲線を説明するための図である。

【図6】方向選択指数とエッジ強度の関係を示すグラフである。

【図7】入力画像とエッジ強度画像の関係を説明するための図である。

【図8】指向性分布関数を用いてエッジ強度を求める場合を説明するための図である。

【図9】ブロックマッチング処理を説明するための図である。

【図10】特定方向のエッジを検出するソーベルフィルタを示す略線図である。

【図11】従来のエッジ検出方法を用いて物体内部に色の違いがある画像のエッジ検出を行った場合の結果を説明するための図である。

【図12】オペレータにより入力される輪郭の概略を使用する従来のエッジ検出方法を用いて物体内部に色の違いがある画像のエッジ検出を行った場合の結果を説明するための図である。

【図13】特定方向のエッジを検出するロビンソン3レベルフィルタ群を示す略線図である。

【図14】従来のエッジ検出方法における指向性と実用

(12)

21

上必要となる指向性の比較を説明するための図である。

【符号の説明】

10 エッジ検出装置

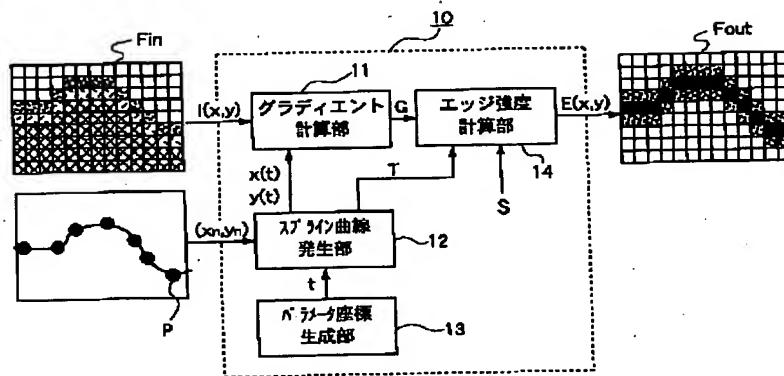
11 グラディエント計算部

12 スプライン曲線発生部

13 パラメータ座標生成部

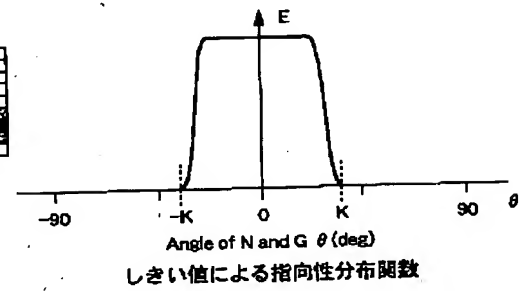
14 エッジ強度計算部

【図1】

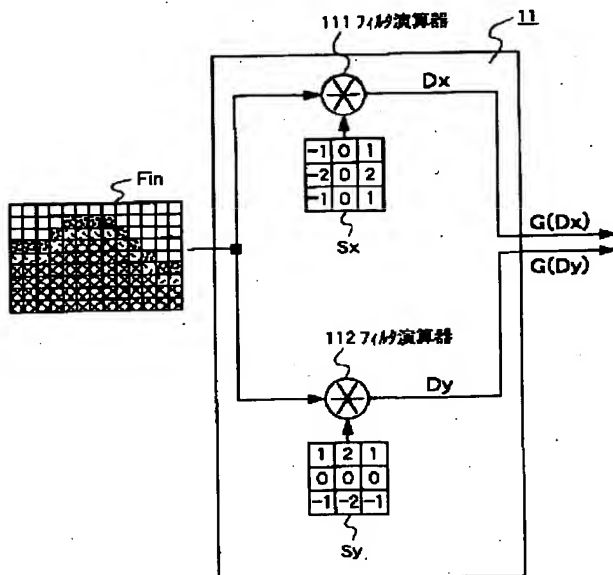


実施例におけるエッジ検出装置

【図8】

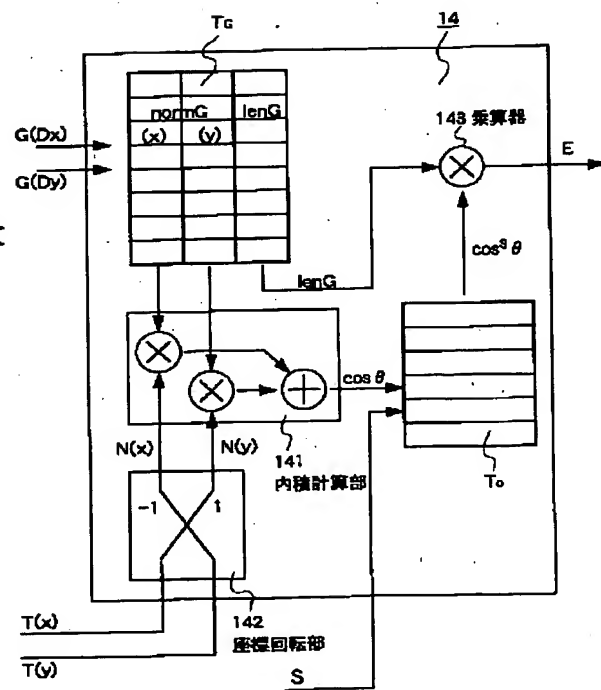


【図2】



グラディエント計算部

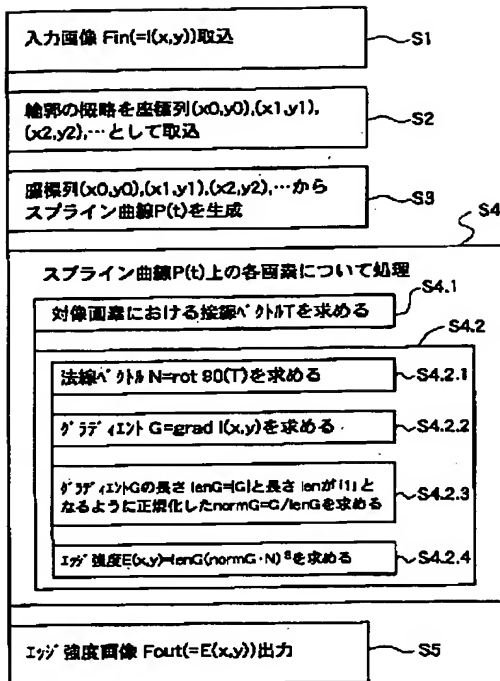
【図3】



エッジ強度計算部

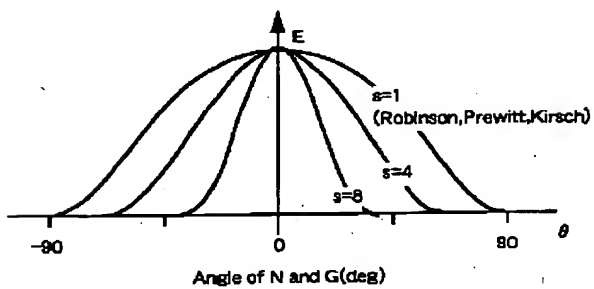
(13)

【図4】



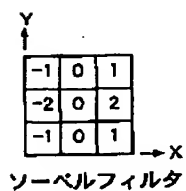
エッジ検出処理

【図6】

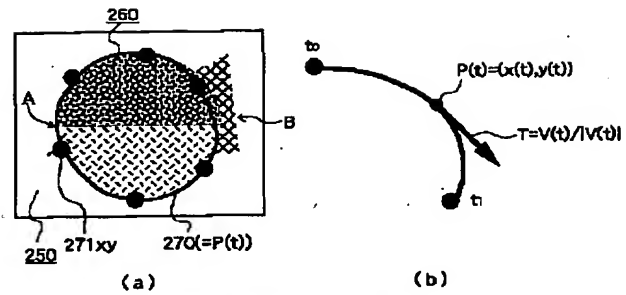


方向選択指数 S とエッジ強度 E

【図10】

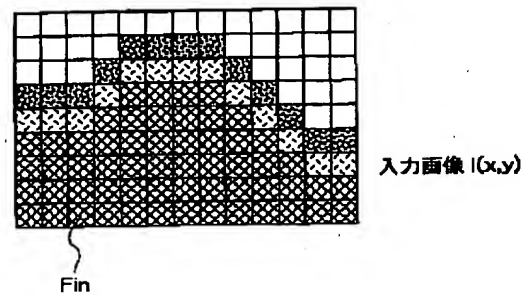


【図5】



概略の輪郭を与える曲線

【図7】

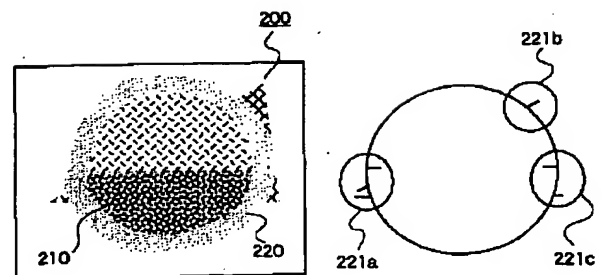


Fin

Fout

入力画像とエッジ強度画像

【図12】



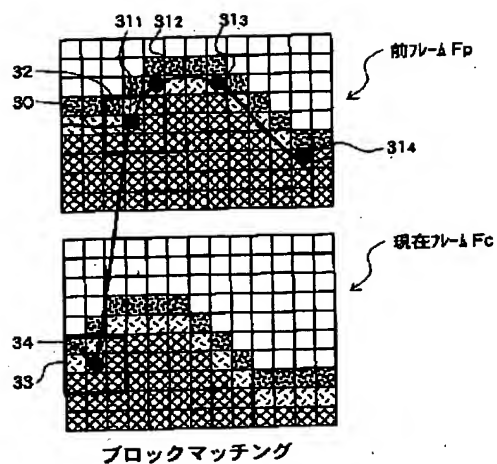
(a)

(b)

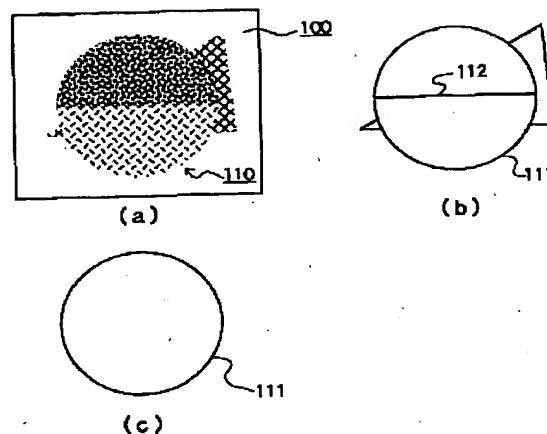
ホーリングが輪郭の概略を入力する場合

(14)

【図9】

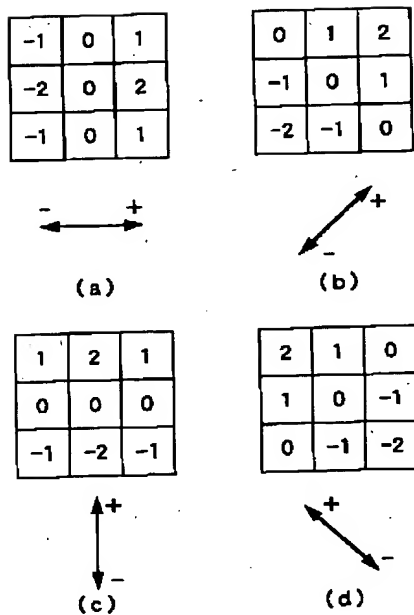


【図11】



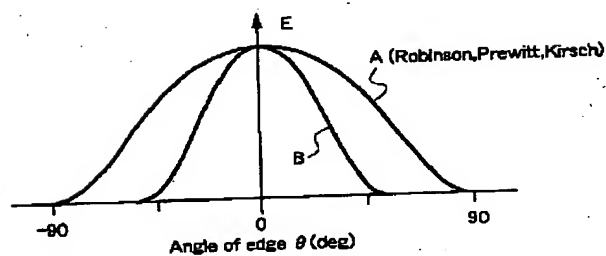
物体内部に色の違いがある場合

【図13】



ロビンソン3レベルフィルタ群

【図14】



従来のエッジ検出方法における指向性と  
実用上必要となる指向性